

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI
DSc.02.30.12. 2019.K/T.35.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH**

UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI

XOSHIMOV SHAXROM MANSURJON O'G'LI

**QIZILMIYA CHIQINDISI ASOSIDAGI UGLERODLI
MATERIALLARNING TUZILISHI VA ADSORBSION XOSSALARIGA
KALIY GIDROKSID BILAN FAOLLASHNING TA'SIRI**

02.00.11 – Kolloid va membrana kimyosi

**KIMYO FANLARI BO'YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent – 2024

Falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati mundarijasi

Оглавление автореферата диссертации доктора философии (PhD)

Contents of the dissertation abstract of doctor of filosofy (PhD)

Xoshimov Shaxrom Mansurjon o'g'li

Qizilmiya chiqindisi asosidagi uglerodli materiallarning tuzilishi va adsorbsion xossalarga kaliy gidroksid bilan faollashning ta'siri3

Хошимов Шахром Мансуржон угли

Влияние активации с гидроксидом калия на структуру и адсорбционные свойства углеродных материалов на основе отхода солодки21

Xoshimov Shaxrom Mansurjon o'g'li

The effect of activation with Potassium hydroxide on the structure and adsorption properties of carbon materials based on licorice root waste. 39

E'lon qilingan ilmiy ishlar ro'yxati

Список опубликованных работ

List of published works 43

**UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI HUZURIDAGI
ILMIY DARAJALAR BERUVCHI**

DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 RAQAMLI ILMIY KENGASH

UMUMIY VA NOORGANIK KIMYO INSTITUTI

XOSHIMOV SHAXROM MANSURJON O‘G‘LI

**QIZILMIYA CHIQINDISI ASOSIDAGI UGLERODLI
MATERIALLARNING TUZILISHI VA ADSORBSION XOSSALARIGA
KALIY GIDROKSID BILAN FAOLLASHNING TA’SIRI**

02.00.11 – Kolloid va membrana kimyosi

**KIMYO FANLARI BO‘YICHA FALSAFA DOKTORI (PhD)
DISSERTATSIYASI AVTOREFERATI**

Toshkent-2024

Kimyo fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi mavzusi O'zbekiston Respublikasi Oliy ta'lim fan va innovatsiyalar vazirligi xuzuridagi Oliy attestatsiya komissiyasida B2024.1.PHD/K739 raqam bilan ro'yxatga olingan

Dissertatsiya Umumiy va noorganik kimyo institutida bajarilgan.

Dissertatsiya avtoreferati uch tilda (o'zbek, rus, ingliz (rezyume)) Ilmiy kengash veb-sahifasida www.ionx.uz va «Ziyonet» axborot ta'lim portalida (www.zionet.uz) joylashtirilgan.

Ilmiy rahbar:

Eshmetov Izzat Do'simbatovich
texnika fanlari doktori, professor

Rasmiy opponentlar:

Yakubov Yo'ldosh Yusupboyevich
kimyo fanlari doktori, professor

Ismailov Rovshan Israilovich
kimyo fanlari doktori, professor

Etakchi tashkilot:

Toshkent kimyo texnologiya instituti

Dissertatsiya himoyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti huzuridagi DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 raqamli Ilmiy kengashning « 27 » avgust 2024 yil soat 10⁰⁰ dagi majlisida bo'lib o'tadi. Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (+99871) 262-56-60; faks: (+99871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz.

Dissertatsiya bilan Umumiy va noorganik kimyo institutining Axborot-resurs markazida tanishish mumkin (18-raqam bilan ro'yxatga olingan). (Manzil: 100170, Toshkent shahri, Mirzo Ulug'bek ko'chasi, 77-a. Tel.: (99871) 262-56-60); faks: (+99871) 262-79-90).

Dissertatsiya avtoreferati 2024 yil « 12 » avgust kuni tarqatildi.
(2024 yil « 12 » avgustdagi № 18- reestr bayonnomasi)



B.S.Zakirov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash raisi, k.f.d., prof.

D.S.Salixanova

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash kotibi, t.f.d., prof.

B.Z.Adizov

Ilmiy darajalar beruvchi ilmiy kengash qoshidagi ilmiy seminar raisi o'rinbosari, t.f.d., prof.

KIRISH (falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi annotatsiyasi)

Dissertatsiya mavzusining dolzarbligi va zaruriyati. Dunyoda soʻnggi yillarda havo, oqova suvlar va oziq-ovqat mahsulotlarini tozalash sifatini oshirishga boʻlgan talablar kuchayib bormoqda, bu esa sanoat faoliyatining oʻsishi hamda ekologik normalarning kuchaytirilishi bilan bogʻliq. Bu borada qayta tiklanadigan manbalar, shu jumladan oʻsimlik xom ashyosi asosidagi yangi, samarali va ekologik toza adsorbentlarni ishlab chiqish alohida ahamiyat kasb etadi. Oʻsimlik xom ashyosidan uglerod adsorbentlarini yaratish nafaqat anʼanaviy tiklanmaydigan materiallarga boʻlgan tobelikni kamaytirishi, balki tozalash jarayonlarining iqtisodiy va ekologik samaradorligini sezilarli darajada yaxshilashda muhim ahamiyatga ega.

Jahonda mahalliy xom ashyo va sanoat chiqindilari asosida yangi adsorbentlar yaratish va ularni oqova suv, oʻsimlik moylari hamda boshqa suyuqliklarni tozalash boʻyicha ilmiy va amaliy tadqiqotlar olib borilmoqda. Bu borada, qator ilmiy yechimlarni asoslashga, jumladan: mahalliy xom ashyo resurslari va sanoat chiqindilarini tanlash, oʻsimlik xom ashyosini termik faollashtirish hamda uning kimyoviy modifikatsiyasini oʻtkazish, adsorbent xossalari yaxshilangan va gʻovakli strukturaga ega boʻlgan uglerod adsorbentlarini yaratish, uglerod adsorbentlarining turli noorganik va organik muhitlardagi ifloslantiruvchilar bilan oʻzaro taʼsirlashish sharoitlarini oʻrganish hamda uglerod va boshqa adsorbentlar ishlab chiqarish texnologiyalarini yaratishga alohida eʼtibor berilmoqda.

Respublikada yangi materiallar olish, hususan mahalliy oʻsimlik xom ashyosi asosida uglerod adsorbentlarini ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirish boʻyicha ilmiy va amaliy natijalarga erishilmoqda. Oʻzbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish boʻyicha 2022-2026-yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonni rivojlantirish strategiyasining uchinchi yoʻnalishida «Milliy iqtisodiyot barqarorligini taʼminlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish»¹ boʻyicha muhim vazifalar belgilangan. Bu borada zamonaviy oziq-ovqat sanoati va atrof-muhit muhofazasi talablariga javob beradigan yuqori samarali uglerod adsorbentlarini yaratish, adsorbentlarning faollashtirish usullari va funksional xususiyatlari oʻrtasidagi bogʻliqlikni oʻrnatish katta ahamiyatga ega.

Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son «Yangi Oʻzbekistonning 2022-2026-yillarga moʻljallangan taraqqiyot strategiyasi» toʻgʻrisidagi, Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2017-yil 7-fevraldagi PF-4947-son «Oʻzbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish boʻyicha harakatlar strategiyasi toʻgʻrisida»gi Farmonlari, 2017-yil 23-avgustidagi PQ-3236-son «2017-2021-yillarda kimyo sanoatini rivojlantirish dasturi toʻgʻrisida»gi, 2018-yil 25-oktyabrdagi PQ-3983-son «Oʻzbekiston Respublikasida kimyo sanoatini jadal rivojlantirish chora-tadbirlari toʻgʻrisida»gi Qarorlari va ushbu sohaga oid boshqa normativ-huquqiy hujjatlarda nazarda tutilgan vazifalarni amalga oshirishga mazkur

¹ Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son «2022-2026-yillarga moʻljallangan Yangi Oʻzbekistonning taraqqiyot strategiyasi toʻgʻrisida» gi Farmoni

dissertatsiya ishi xizmat qiladi.

Tadqiqotning Respublika fan va texnologiyalari rivojlanishining asosiy ustuvor yo‘nalishlariga mosligi. Olib borilgan tadqiqot O‘zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalar rivojlanishining VII “Kimyoviy texnologiyalar va nanotexnologiyalar” ustuvor yo‘nalishiga muvofiq bajarilgan.

Muammoning o‘rganilganlik darajasi.

Dunyo bo‘ylab turli ko‘mir va bog‘lovchi moddalar asosida uglerod adsorbentlarini yaratish bo‘yicha maqsadli tadqiqotlar turli ilmiy maktablarning olimlari tomonidan faol olib borilmoqda. Ular orasida quyidagi tadqiqotchilarni ajratib ko‘rsatish mumkin: X. Zhang, J. Kemia, Кинле Х., Бутирин Г.М., Поконова Ю.В., Мухин В.М., Колишкин Д.А., Чучалина А.Д. Bu va boshqa olimlar yuqori g‘ovakli adsorbentlar yaratish maqsadida samarali bog‘lovchi qo‘shimchalar va ko‘mir materiallarini tanlash masalasini o‘rganishga faol hissa qo‘shmoqdalar.

O‘zbekistonda K.S.Ahmedov rahbarligida adsorbentlarni tadqiq qilish va yaratishga qaratilgan ilmiy maktab tashkil qilingan bo‘lib, uning vakillari: E.A.Aripov, S.S.Hamraev, S.N.Aminov, A.A.Ag‘zamxo‘jayev, U.K.Ahmedov, B.N.Hamidov, S.Z.Muminov, S.A.Abdurahimov, I.D.Eshmetov, Sh.A.Kuldasheva, D.S.Salixanova, D.J.Jumayeva, A.B.Abdikamalova, O.K.Ergashev va boshqalar uning rivojlanishiga katta hissa qo‘shdilar.

Ta’kidlash joizki, shu kungacha o‘simlik xom ashyosi asosida yangi turdagi samarali adsorbentlarni ishlab chiqish bo‘yicha tizimli tadqiqotlar o‘tkazilmagan. Jumladan, qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi asosida adsorbentlar yaratish, ularning g‘ovakli strukturasi shakllantirish va tayyor mahsulotlarning to‘qimali xususiyatlariga kimyoviy va termik faollashtirish parametrlarining ta’siri haqida ma’lumotlar yo‘q. Bu sohada ilmiy ishlanmalar uchun yangi istiqbollarni ochib, adsorbent materiallarning funksional xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi.

Tadqiqotning dissertatsiya bajarilgan ilmiy-tadqiqot muassasining ilmiy-tadqiqot rejalari bilan bog‘liqligi. Dissertatsiya tadqiqoti Umumiy va noorganik kimyo institutining ilmiy-tadqiqot rejalari muvofiq “Neft, neft-gaz qazib chiqarish sanoati chiqindi suvlarini tozalash uchun adsorbentlar va reagentlar olish texnologiyasini ishlab chiqish, shuningdek, ko‘chma tuproq-qumli dispersiyalarda mustahkam struktura hosil qiluvchi reagentlar tarkibini yaratish” mavzusidagi davlat dasturi doirasida amalga oshirilgan.

Tadqiqotning maqsadi qizilmiya chiqindisi asosidagi uglerod materiallarining strukturasi va adsorbent xususiyatlariga kaliy gidroksidi bilan faollashtirishning ta’sirini aniqlashdan iborat.

Tadqiqotning vazifalari:

qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi tarkibi va fizik-kimyoviy xususiyatlarini o‘rganish hamda uning adsorbentlar ishlab chiqarishdagi imkoniyatini aniqlash;

qizilmiya ildizpoyasi chiqindisini termik faollashtirishning, olinadigan uglerod materialining strukturaviy hamda tekstur xususiyatlariga ta’sirini baholash;

namunalarning g‘ovakligi va adsorbent qobiliyatining ishlov berish sharoitlariga qarab o‘zgarishini o‘rganish;

qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi asosidagi ko'mirlarning strukturasi va g'ovaklik xususiyatlariga kimyoviy faollashtirishning ta'sirini tahlil qilish, adsorbsion xususiyatlarni yaxshilash uchun maqbul faollashtirish sharoitlarini aniqlash;

gaz va suvli muhitlardan turli adsorbatlarga nisbatan issiqlik va kimyoviy faollashtirilgan uglerodlarning adsorbsion xususiyatlarini baholash;

ishlab chiqilgan uglerod adsorbentlarining sanoat jarayonlarida, shu jumladan yengil yog'lar va distillangan glitserinni tozalashda qo'llanilishini o'rganish.

Tadqiqotning ob'ekti sifatida qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi va uning asosida kimyoviy va termofaollashtirilgan ko'mir namunalari olingan.

Tadqiqotning predmeti qizilmiya ildizi qoldiqlarini termik faollashtirish, karbonizatsiyalash va kimyoviy faollashtirish shartlari, uglerod adsorbentlarining adsorbsion xususiyatlari, soya moyi hamda glitserinni tozalash qonuniyatini o'rganishdan iborat.

Tadqiqotning usullari. Dissertatsiya tadqiqotini amalga oshirishda dispers sistemalarning fizik-kimyoviy (rentgenofazaviy, rentgenofluoessent, termik, elektron-mikroskopik, IQ-spektral tahlillari) va kolloid-kimyoviy (adsorbsion, konduktometriya, titrometriya tahlillari) xususiyatlarini aniqlash uchun zamonaviy va an'anaviy usullar keng qo'llanilgan.

Tadqiqotning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

ko'mirlarning termik ishlov berish haroratini oshirish ularning benzol bo'yicha adsorbsion sig'imining ortishiga va maksimal sig'im 800°C da ishlov berilganda $1,668 \text{ mmol/g}$ ni, shu bilan birga KOH eritmasi bilan ko'mirlarni kimyoviy faollashtirish ularning yod bo'yicha adsorbsion faolligini faollashtirilmagan ko'mir uchun $80,645 \text{ mg/g}$, faollashtirilgan namunalarda uchun $1117,6 \text{ mg/g}$ gacha oshirishi aniqlangan;

haroratning oshishi bilan ko'mirlarda azot boyicha solishtirma yuzaning oshib borishi va eng yuqori solishtirma yuzaga $169,8 \text{ m}^2/\text{g}$ ($800-850^{\circ}\text{C}$) da erishildi, haroratni yanada oshirilishi solishtirma yuzaning $77,5 \text{ m}^2/\text{g}$ gacha pasayishiga, bu g'ovaklarning birlashishi yoki yo'qolishi kabi strukturaviy o'zgarishlar hisobiga bo'lishi aniqlandi;

KOHning karbonizatga nisbati 1:1 (AK1-800) va 1:5 (AK5-800) bo'lganida solishtirma yuzaga $698,93$ dan $1451,16 \text{ m}^2/\text{g}$ gacha hamda g'ovaklarning umumiy hajmi $0,2543$ dan $0,5167 \text{ sm}^3/\text{g}$ gacha ortishi, karbonizat:KOH (AK7-800) nisbatini yanada oshirish bu ko'rsatkichlarning pasayishiga, yani g'ovaklarning qisman to'silishi va ularning adsorbsiya samaradorligini kamaytirishiga olib kelishi aniqlangan;

karbonizatning kimyoviy faollashtirilishida KOH ning (20%) modifikator sifatida yuqori samaradorligi 120°C haroratda va 4 soat davomida borishi, g'ovaklik va adsorbsiya samaradorligining sezilarli ko'tarilishiga, bunda g'ovaklikning ortishi va kul miqdorining $17,9$ dan $4,35\%$ gacha kamayishi aniqlangan;

rentgenofazaviy tahlil asosida KOH bilan kimyoviy faollashtirish amorf uglerodga xos bo'lgan cho'qqilarning kamayishiga va grafitga o'xshash tuzilmalarni ko'rsatuvchi cho'qqilarning ko'payishiga olib kelishi, bunda KOHning 20%

eritmasi va karbonizatning 1:5 nisbatida eng past kul miqdori hamda eng yuqori uglerod miqdoriga ega ekanligi isbotlangan.

Tadqiqotning amaliy natijalari quyidagilardan iborat:

qizilmiya ildizpoyasi asosida termik faollashtirish jarayonlarini o'tkazishning uslubiy asoslari ishlab chiqilgan;

qizilmiya ildizpoyasi asosida kaliy ishqoridan foydalangan holda kimyoviy faollashtirish jarayonlarini o'tkazishning uslubiy asoslari ishlab chiqilgan.

Tadqiqot natijalarining ishonchliligi zamonaviy fizik-kimyoviy (rengenofazoviy, termik, elektron-mikroskopik, rentgenodifraksion) va kolloid-kimyoviy (konduktometrik, adsorbsion) tahlillar va O'zbekiston Respublikasi yog'-moy sanoati korxonalarini birlashmasi bazasida o'tkazilgan sinov natijalari bilan tasdiqlangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati o'simlik xomashyosiga termik va kimyoviy faollashtirish jarayonlarining metodologiyasini ishlab chiqish, kaliy ishqori eritmalaridan foydalanib karbonizatni kimyoviy faollashtirishning optimal shartlarini aniqlash bilan asoslanib, bu natijalar o'simlik xomashyosi asosida turli maqsadlar uchun ko'mir adsorbentlarini yaratish jarayonini maqsadli ravishda amalga oshirish uchun asos bo'ladi.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati o'simlik xomashyosi va sanoat chiqindilari asosida ko'mir adsorbentlarini olish texnologiyasini ishlab chiqishga va adsorbentlar turli sohalarda adsorbsion tozalash maqsadlarda qo'llanilishi mumkin hamda kimyo va kimyoviy texnologiya sohasida ta'lim muassasalarida magistrlar va bakalavrlarni tayyorlash uchun o'quv jarayonida qo'llashga xizmat qiladi.

Tadqiqot natijalarining joriy etilishi. Qizilmiya chiqindilari asosida g'ovakli materiallar olish va ularning kolloid-kimyoviy xususiyatlarini aniqlash bo'yicha olingan ilmiy natijalar asosida:

qizilmiya ildizpoyasi chiqindilarining termik va kimyoviy faollashtirilishi natijasida olingan uglerod adsorbentlaridan foydalanib soya moyini erkin yog' kislotalari va bo'yoq moddalardan adsorbsion tozalash usuli "Namangan tola tekstil" MCHJ ning «2026-2030-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati» ga kiritilgan (O'zbekiston Respublikasi yog'-moy sanoati birlashmasining 2024-yil 6-martdagi, KC/3-62-son ma'lumotnomasi). Natijada, yog'ning kislotalik darajasi 10,09-5,83 mg KOH/g ga teng bo'lgan va qizil hamda ko'k birliklar mos ravishda 1,8 dan 1,0 gacha va 1,2 dan 0,0 gacha kamayish imkonini beradi;

glitserinni AK5-800 uglerod adsorbentidan foydalanib adsorbsion tozalash usuli "URGANCH YOG'-MOY" MChJning «2026-2030-yillarda amaliyotga joriy etish bo'yicha istiqbolli ishlanmalar ro'yxati» ga kiritilgan (O'zbekiston Respublikasi yog'-moy sanoati uyushmasining 2024-yil 6-martdagi KC/3-62-sonli guvohnomasi). Natijada AK5-800 uglerod adsorbenti glitserinning rangini va kul miqdorini kamaytirish hisobiga import qilingan uglerod adsorbentni almashtirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalarining aprobatsiyasi. Mazkur tadqiqot ishining asosiy natijalari 5 ta xalqaro va 9 ta respublika ilmiy-amaliy konferensiyalarida muhokama qilingan

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya mavzusi bo'yicha jami 22 ta ilmiy ishlar nashr etilgan, jumladan O'zbekiston Respublikasi Oliy Attestatsiya komissiyasi Dissertatsiyalarning asosiy natijalarini nashr etish uchun tavsiya qilgan ilmiy nashrlarda 8 ta ilmiy maqola, 3 tasi respublika va 5 tasi xalqaro jurnallarda nashr qilingan.

Dissertatsiyaning tuzilishi va hajmi. Dissertatsiya kirish, 4 ta bob, xulosa, foydalanilgan adabiyotlar ro'yxati va ilovadan tashkil topgan. Dissertatsiya hajmi 114 betdan iborat.

DISSERTATSIYANING ASOSIY MAZMUNI

Dissertatsiyaning **kirish** qismida o'tkazilgan tadqiqotlarning dolzarbligi va zaruriyati asoslangan, maqsad va vazifalar belgilab olingan, tadqiqot ob'ektlari va predmeti tavsiflangan, tadqiqotning O'zbekiston Respublikasi fan va texnologiyalari rivojlanishining ustuvor yo'nalishlariga muvofiqligi, tadqiqotning ilmiy yangiligi va amaliy natijalari, olingan natijalarning nazariy va amaliy ahamiyati, tadqiqot natijalarining amaliyotga joriy etilish holati, chop etilgan ishlar va dissertatsiyaning tuzilishi haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Dissertatsiyaning **“O'simlik xomashyosini termokimyoviy faollashtirish yo'li bilan ko'mirli adsorbentlar yaratish muammosi”** deb nomlangan birinchi bobida uglerodli adsorbentlarning asosiy jihatlari, uglerod saqlovchi xomashyoning strukturalari va xususiyatlariga issiqlik bilan faollashtirishning ta'siri, g'ovakli tuzilishni yaxshilash maqsadida uglerod saqlovchi xomashyoni kimyoviy faollashtirish usullari, organik ifloslantiruvchilardan tozalash uchun qishloq xo'jalik chiqindilari asosida faollashtirilgan ko'mir ishlab chiqarishning zamonaviy sanoat usullari va texnologiyalari tahlil qilingan. Mazkur bobda turli faollashtirish usullari hamda faollashtirilgan ko'mir ishlab chiqarishda qishloq xo'jalik chiqindilari hamda turli xil xomashyolarning salohiyati va samaradorligi batafsil yoritilgan.

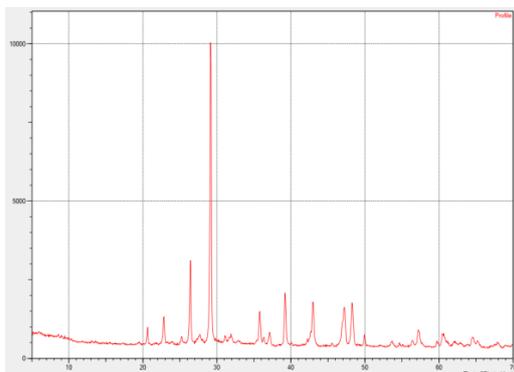
Adabiyotlar sharhi o'simlik xomashyosi asosida termokimyoviy ishlov berish orqali yuqori samarali ko'mirli adsorbentlarni olish imkoniyatini ko'rsatadi. Adabiyotlarning tahlili ushbu ishda qo'yilgan maqsad va vazifalarni shakllantirishga imkon bergan.

Dissertatsiyaning **«Uglerod saqlovchi materialni tanlash va uning faollashtirilishi. Asosiy xususiyatlarni tadqiq qilish usullari»** deb nomlangan ikkinchi bobida boshlang'ich materiallarni tadqiq qilish natijalari keltirilgan va ularning strukturasini o'rganish usullari yoritilgan.

Boshlang'ich material sifatida biomassa qoldiqlari — qizilmiya ildizpoyasi qoldig'i (QIQ) qo'llanilgan. Ushbu chiqindi qizilmiya va boshqa dorivor o'simliklar yetishtirish va qayta ishlash bo'yicha tashkilotlar Birlashmasi (Qoraqalpog'iston Respublikasi)dan olingan.

Ildizpoya qoldig'i 20 mm dan oshmaydigan uzunlikdagi va 3 mm dan oshmaydigan qalinlikdagi bo'laklardan iborat bo'lgan. Ushbu namunalar hech qanday oldindan ishlov berilmasdan yoki maydalanmasdan tadqiqotda qo'llanilgan.

Olingan kul turli usullar, jumladan, rentgenofluoressent hamda rentgenodifraksiyon tahlil yordamida o'rganilib, bu orqali tarkibi va noorganik elementlarning konsentratsiyasi aniqlandi. Rentgenofazaviy tahlil natijalari 1-rasmda keltirilgan.



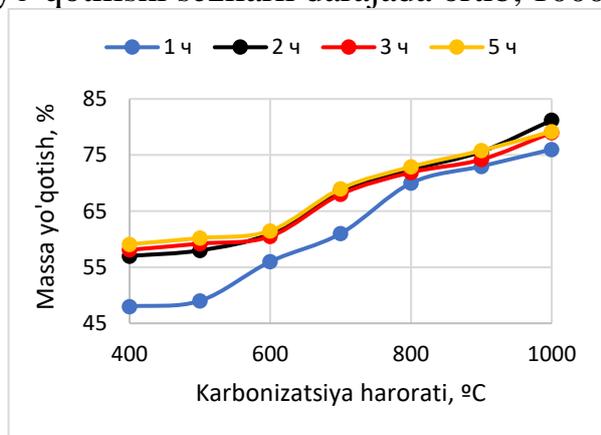
1-rasm. Qizilmiya ildizpoyasi asosidagi qoldiqning kul qismi rentgenogrammasi.

Rentgenofazaviy tahlil ma'lumotlarining tahlili difraksiyon cho'qqilarning xususiyatlari asosida turli mineral fazalar mavjudligini aniqlash imkonini beradi. Keltirilgan ma'lumotlar asosida kulning tarkibida kvars, anortit, ehtimol kalsit va boshqa silikat yoki karbonat minerallar mavjud deb taxmin qilish mumkin. Bunday mineralli tarkib o'simlik materiallaridan olingan kul uchun xosdir.

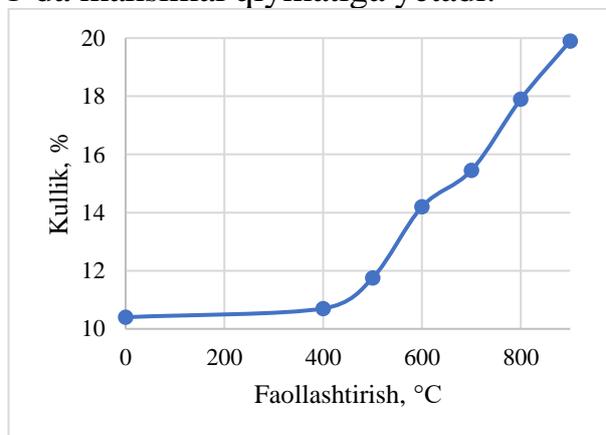
Faollashtirilgan ko'mir ishlab chiqarishning birinchi bosqichi xomashyoning piroliz jarayoni bo'lib, bu jarayonda karbonizatsiyalangan qattiq mahsulot hosil bo'ladi. Piroliz bo'yicha tajribalar argon atmosferasida, 40 ± 1 ml/s oqim tezligida o'tkazilgan, reaktor sifatida diametri 0,055 m va balandligi 1 m bo'lgan zanglamaydigan po'latdan yasalgan ko'chmas qatlamli reaktor xizmat qilgan. Termofaollashtirish piroliz o'tkazilgan shu qurilmada amalga oshirilgan. Uglerod materiallarining fizik-kimyoviy va adsorbsion xususiyatlariga harorat ($400-950^{\circ}\text{C}$) va faollashtirish davomiyligining (0,5-5,0 soat) ta'siri o'rganilgan.

2-rasmda karbonizatsiya jarayonida harorat va davomiylikka bog'liq ravishda massaning o'zgarish egrilari keltirilgan.

600°C dan past haroratda, barcha vaqt intervallari uchun massa yo'qotilishi minimal bo'ladi. Harorat 800°C va undan yuqoriga ko'tarilishi bilan massa yo'qotilishi sezilarli darajada ortib, 1000°C da maksimal qiymatiga yetadi.



2-rasm. Karbonizat massasining (%) harorat va jarayonning turli davomiyligiga (soat) bog'liqligi.



3-rasm. Karbonizatdagi kul komponentlari miqdorining faollashtirish haroratiga bog'liqligi.

3-rasmdan ko‘rinib turibdiki, faollashtirish harorati ortishi bilan kul qismining miqdori asta-sekin ortib boradi. Dastlabki namunadagi kul miqdori 10,4% ni tashkil qiladi. 400°C da karbonizatsiya qilingan namunada kul fraksiyasi 10,7% gacha biroz ortadi, bu ildizpoya qoldig‘i strukturasiidagi termik o‘zgarishlar boshlanishini ko‘rsatishi mumkin.

Eng ko‘p kullik miqdorining ortishi 700°C dan 900°C gacha bo‘lgan harorat oralig‘ida sodir bo‘ladi, bunda kul miqdori mos ravishda 15,45% dan 19,9% gacha ortadi.

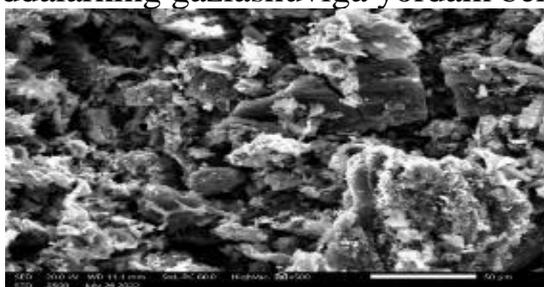
1-jadvalda qizilmiya ildizpoyasi asosidagi chiqindining turli haroratlardagi pirolizi bo‘yicha tajriba natijalari taqqoslangan. Harorat ko‘tarilishi bilan ko‘mirning unumi 400°C da 41,9% dan 1000°C da 21,1% gacha kamayadi. Bu yuqori haroratlarda organik materialning jadalroq parchalanishini ko‘rsatadi. Maksimal qatron chiqishi 700°C da kuzatilib (23,3%), undan keyin uning qiymati kamaya boshlaydi. Bu yuqori haroratlarda qatronsimon komponentlar parchalanishi yoki gaz fazasiga o‘tishini ko‘rsatishi mumkin.

1-jadval.

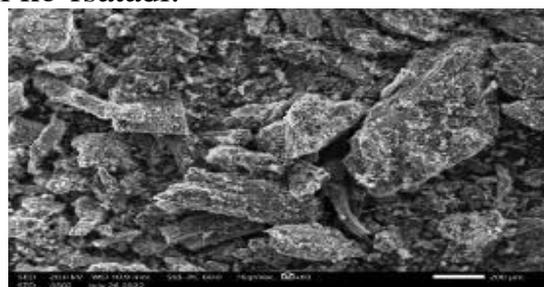
Ildizpoya chiqindisi pirolizi jarayonida turli mahsulotlarning chiqishi (davomiylik 2 soat)

T, °C	Mahsulot chiqishi, %			Ko‘mirdagi uchuvchan moddalar, %	Ko‘mirning kulligi, %
	Ko‘mir	Qatron	Gazsimon		
400	41,9	14,8	43,3	21,5	10,7
500	40,8	16,3	42,9	21,1	11,8
600	39,5	17,8	42,7	20,9	14,2
700	32,0	23,3	44,7	22,9	15,5
800	28,1	21,2	50,7	28,9	17,9
900	25,8	19,8	54,4	32,6	19,9
1000	21,1	14,3	64,6	0,8	21,8

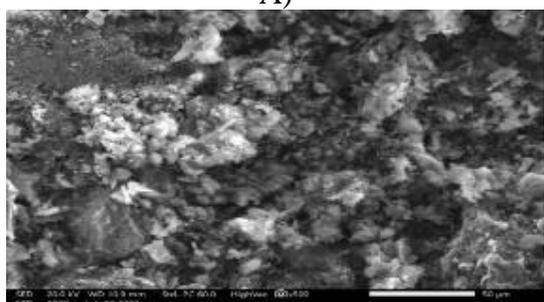
Gazsimon mahsulotlar chiqishi harorat oshishi bilan ortib, 400°C da 43,3% dan 1000°C da 64,6% gacha yetadi. Bu esa yuqori haroratlar uglerod saqlovchi moddalarning gazlashuviga yordam berishini ko‘rsatadi.



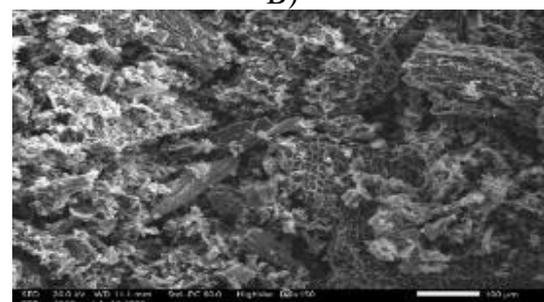
A)



B)



C)



D)

4-rasm. 1) 600; 2) 700; 3) 800; 4) 900°C haoratlarda termofaollashtirilgan ko‘mirlarning elektron-mikroskopik tasvirlari:

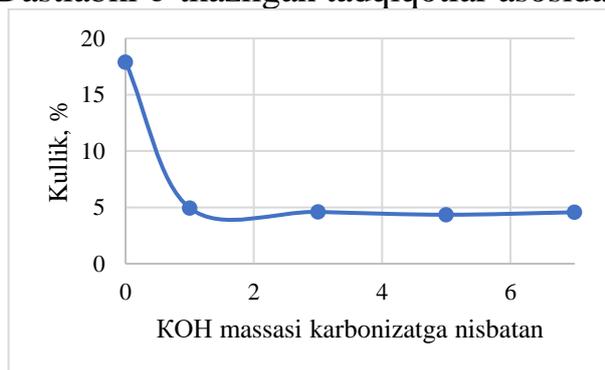
Ko‘mirning kulligi harorat ortishi bilan ortib boradi, 400°C da 10,7% dan boshlab, 1000°C da 21,8% ga yetadi. Bu organik moddalarning termik parchalanishidan keyin ko‘mirda noorganik komponentlarning konsentratsiyasi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

4-rasmdan ko‘rish mumkinki, 600°C haroratda olingan ko‘mir nisbatan silliq yuzaga va kichik g‘ovaklarga ega. Strukturasi ancha zich bo‘lib, bu karbonizatsiyaning boshlang‘ich bosqichlarida organik komponentlarning to‘liq parchalanmaganligini ko‘rsatadi. 700°C haroratda ko‘mir yuzasidagi g‘ovaklar sezilarli darajada ortadi. Material parchalana boshlagan maydonlar ko‘rinadi, bu esa g‘ovaklikning ortishiga yordam beradi. Bu moddaning faolroq parchalanishi va g‘ovaklarning hosil bo‘lishini ko‘rsatadi.

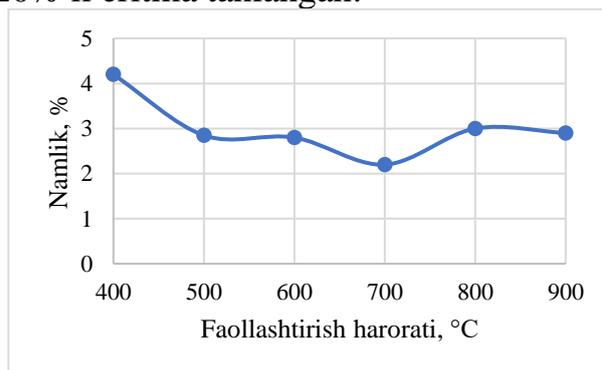
800°C haroratda struktura oldingi tasvirlar bilan solishtirganda ancha chuqur va g‘ovakli bo‘ladi. Ko‘proq va turli xil katta g‘ovaklarning hosil bo‘lishi kuzatiladi, bu esa kuchaytirilgan parchalanish va ko‘mirning adsorbsion xususiyatlarining yaxshilanishini ko‘rsatadi. 800°C haroratda ko‘mirning strukturasi yuqori g‘ovaklik va murakkab mikrostrukturalarning rivojlanishini namoyon etadi. Bu ko‘mirning ichki yuzasining sezilarli darajada ortib borganini ko‘rsatadi, bu uni adsorbent sifatida yuqori samaradorligidan dalolat beradi.

Dissertatsiyaning **“Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisidan olingan ko‘mirni kimyoviy faollashtirish. Termo va kimyoviy faollashtirilgan ko‘mirning tekstur xususiyatlari”** deb nomlangan uchinchi bobida qizilmiya ildizpoyasi chiqindisidan olingan ko‘mirni kimyoviy faollashtirish jarayoni ko‘rib chiqilgan. Bunda ko‘mirning termik va kimyoviy ishlovdan so‘nggi tekstur xususiyatlaridagi o‘zgarishlarga alohida e‘tibor qaratilgan.

Kimyoviy faollashtirish KOH eritmasidan foydalangan holda amalga oshirilgan, bunda aktivator eritmasi sarfi, harorat (xonani haroratidan 120°C gacha) va faollashtirish davomiyligi (0,5 soatdan 24 soatgacha) ta’siri o‘rganilgan. Dastlabki o‘tkazilgan tadqiqotlar asosida 20% li eritma tanlangan.



5-rasm. Faollashtirish jarayonida KOH/karbonizatning massaviy nisbatiga bog‘liq holda kul miqdorining o‘zgarishi.



6-rasm. Chiqindining termik ishlovdan o‘tkazilishida namlikning o‘zgarishi.

KOH eritmasining 500°C da olingan karbonizatga (KC-500) ta’sirini tadqiq qilish jarayonida, KOH eritmasi massasining karbonizatga nisbatiga bog‘liq holda kul miqdorida sezilarli o‘zgarishlar aniqlandi. Kul miqdorining dastlabki sezilarli darajada kamayishi, ya’ni 17,9% dan 4,35% gacha tushishi KOH eritmasi orqali

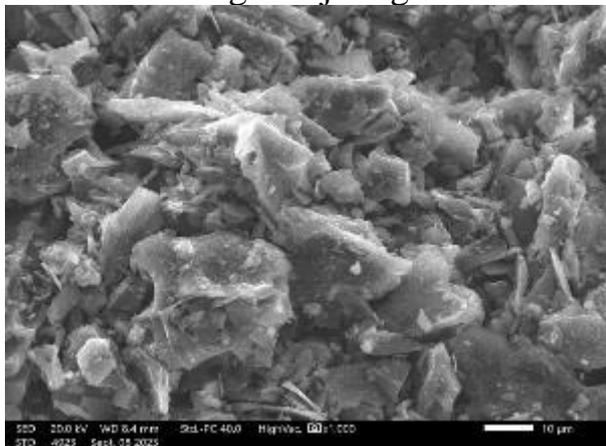
karbonizatning mineral komponentlarining yuvilishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin, bu esa uning olib chiquvchi agent sifatida yuqori samaradorligini ko‘rsatadi.

Biroq, KOH eritmasi massasining karbonizatga nisbati 7 ga yetganda, kul miqdorining 4,57% gacha biroz ortishi bir necha omillar bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Ehtimol, KOH yuqori konsentratsiyasida avval ekstraksiya qilingan eriydigan mineral komponentlarning ikkinchi darajali to‘planishi boshlanadi. Bu ayrim mineral moddalarning yuqori konsentratsiyali ishqoriy eritmalardagi eruvchanlik qobiliyatining o‘zgarishi yoki eritmaning erigan komponentlar bilan to‘yinishi natijasida yuz berib, ularning qisman qayta kristallanishi va kul miqdorining ortishiga olib kelishi mumkin. Shuningdek, bunday sharoitlarda hosil bo‘lgan materiallarning g‘ovakli strukturasi ham ta‘sir ko‘rsatishi ehtimoli mavjud.

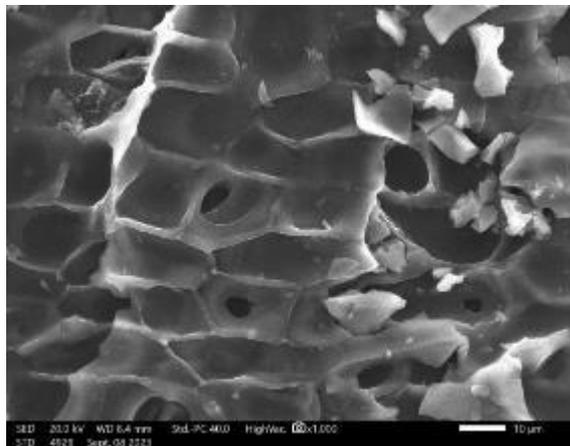
Shunday qilib, natijalar KOH eritmasi massasining karbonizatga nisbatini maqbullashtirish zarurligini ko‘rsatadi, ya‘ni kul miqdorini minimal darajada ushlab uchun bu nisbat 1 dan 5 gacha bo‘lishi kerak. Buning ortidan mineral komponentlarni yuvish samaradorligi pasayadi va kul miqdori ortadi. Shuningdek, KOH eritmasi sarfining ortishi bilan unumdorlik ham pasayadi (KOH:karbonizat=1:1 (AK1) nisbatida chiqish 22,9% ni tashkil etsa, 1:3; 5 va 7 (AK3; AK5 va AK7, mos ravishda) nisbatlarida chiqish 22,2; 21,8 va 21,3% ni tashkil etadi). Bu karbonizatni tozalash jarayonida KOH konsentratsiyasini nazorat qilish zarurligini va optimal natijalarga erishish muhimligini ta‘kidlaydi.

400 dan 700°C gacha bo‘lgan haroratlarda namlikning kamayish tendensiyasi kuzatiladi, bu dehidratatsiya va organik komponentlarning parchalanishi jarayonlarining kuchayishini va namlik yo‘qotilishiga olib kelishi mumkinligini ko‘rsatadi. 700°C haroratda eng past namlik ko‘rsatkichi qayd etilgan bo‘lib, bu ushbu sharoitda namunadan maksimal darajada suvning chiqib ketganligini ko‘rsatishi mumkin.

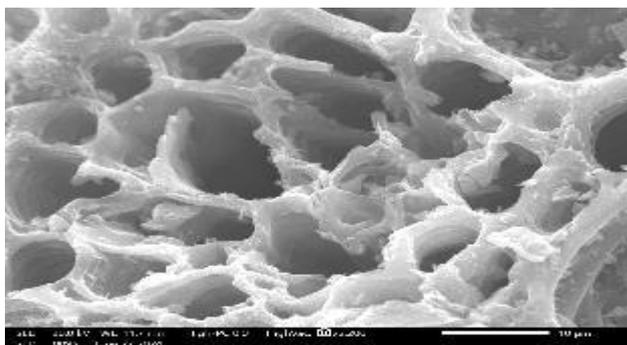
KC-500 dastlabki karbonizatning SEM tasviri turli xil o‘lcham va shakllarga ega bo‘lgan, noto‘g‘ri va singan zarralarni ko‘rsatadi. Aniq qirralar va nisbatan silliq yuzalar, shuningdek, ko‘zga ko‘rinadigan g‘ovaklik mavjud. Tasvirdagi eng katta aniqlangan o‘lcham 35,36 mkm ni tashkil etadi, bu boshqa namunalariga nisbatan yirik zarralarning mavjudligini ko‘rsatadi.



1)



2)



7-rasm. Namunalarning mikroskopik tasvirlari: 1) KC-500; 2) AK5; 3) AK5-800.

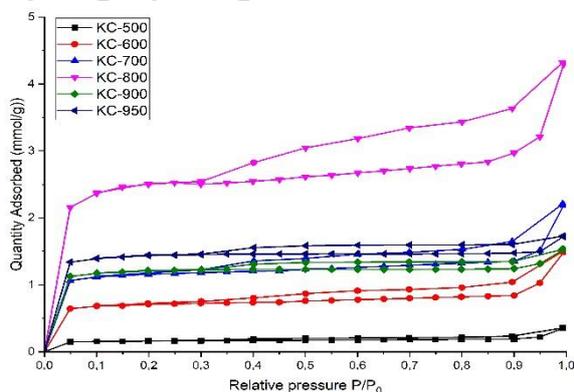
3)

AK5 namunasi yuqori g'ovakli struktura va rivojlangan yuza maydonini ko'rsatadi, bu faollashtirilgan ko'mirlar uchun xosdir. G'ovaklar turli o'lcham va shakllarga ega bo'lib, g'ovaklarining geterogen taqsimlanishini ko'rsatadi.

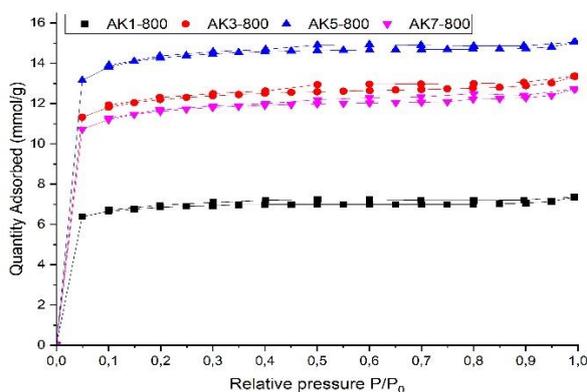
AK5-800 tasviri g'ovakli strukturaning yanada rivojlanganligini, katta va yaqqol ko'zga tashlanadigan g'ovaklar bilan namoyish etadi. Termik faollashtirish g'ovaklikni kuchaytirgan va qo'shimcha uchuvchi moddalarni olib tashlagan bo'lishi mumkin, bu esa g'ovaklarning yanada toza va ochiq strukturaga olib kelgan.

KC-500 zarrachalari katta aglomeratlardan iborat bo'lib, nisbatan silliq yuzalar va kamroq g'ovaklarga ega. Eng katta o'lchangan zarra o'lchami 35,36 mkm ni tashkil qiladi. AK5 tasviridan ko'rish mumkinki, zarrachalar ancha rivojlangan g'ovakli strukturaga ega. Eng katta o'lchangan g'ovak o'lchami 22,15 mkm ni tashkil etadi. AK5-800 mikrotasvirlarida g'ovaklar o'lchami 10,76 mkm gacha yetadi, bu 2-rasmdagiga qaraganda kichikroq, lekin g'ovaklar ancha ochiq va bir xil taqsimlangandek ko'rinadi.

Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisidan olingan ko'mirlarning tekstur parametrlariga termo va kimyoviy ishlov berilishi (20% KOH eritmasi bilan) qanday ta'sir ko'rsatishi o'rganildi va ushbu o'zgarishlar zahirida yotgan mexanizmlar muhokama qilindi. Uglerod materiallarining turli usullar bilan ishlov berilgan holdagi solishtirmasiga alohida e'tibor qaratiladi, bu esa ularning sanoatdagi qo'llanilishini yaxshilash maqsadida eng samarali faollashtirish usullarini aniqlashga qaratilgan.



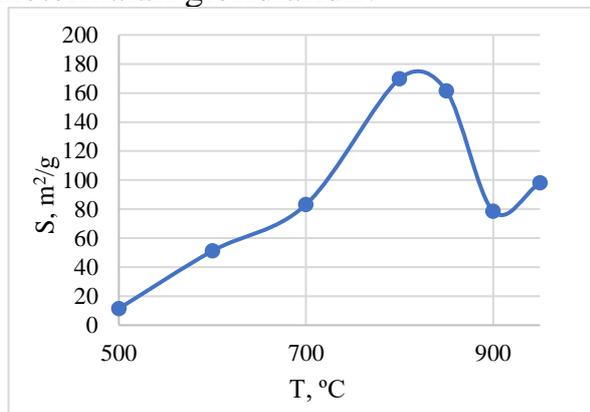
8-rasm. Turli haroratlarda olingan karbonizatlarda azotning adsorbsiya/desorbsiya izotermalari: 1) KC-500; 2) KC-600; 3) KC-700; 4) KC-800; 5) KC-900; 6) KC-950.



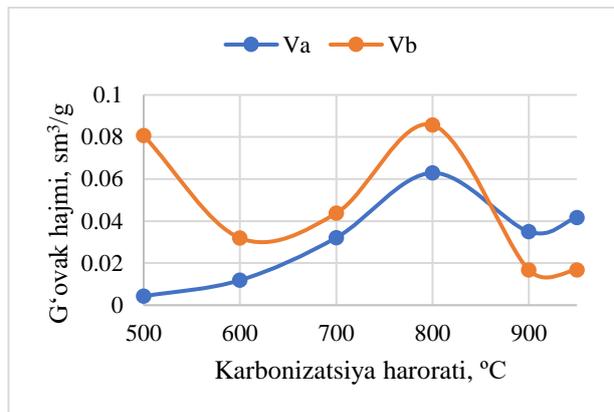
9-rasm. Faollashtirilgan namunalarda azotning adsorbsiya va desorbsiya izotermalari: 1) AK1-800; 2) AK3-800; 3) AK5-800; 4) AK7-800.

Karbonizatsiya jarayonining davomiyligi va harorati materiallarning g'ovakli tuzilishiga ta'sir qiladi. 8 va 9-rasmlarda turli haroratlarda olingan karbonizatlar va kimyoviy faollashtirilgan ko'mirlarda azotning adsorbsiya izotermalari tasvirlangan.

Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi asosidagi karbonizatlar uchun azotning adsorbsiya/desorbsiya izotermalari I tur (past nisbiy bosimlarda; $P/P_0 < 0,05$ da adsorbsiyaning keskin oshishi mikrog'ovakli qattiq moddalar uchun xos) va IV tur izotermalari gibridlaridir.



10-rasm. Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisining 2 soat davomida termik ishlov berilishida solishtirma sirt maydonining o'zgarishi.



11-rasm. Karbonizatsiya haroratiga bog'liq ravishda g'ovak hajmining o'zgarishi.

10-rasmdan ko'rinib turibdiki, haroratning 500°C dan taxminan 700°C gacha ortishi bilan solishtirma sirt yuza sekin-asta ortib boradi. Bu organik komponentlarning yonishi bilan bog'liq bo'lib, g'ovaklarning hosil bo'lishi va materialning g'ovakligining ortishiga olib keladi.

800-850°C harorat oralig'ida solishtirma sirt yuzasi maksimal qiymatiga yetadi, bu namunaning g'ovakli strukturasi rivojlantirish uchun maqbul sharoitlarni ko'rsatadi. Bu bosqichda maksimal solishtirma sirt yuza taxminan 169,8 m²/g ni tashkil qiladi.

850°C dan yuqori haroratda solishtirma sirt yuzasining kamayishi kuzatiladi. Bu strukturaviy o'zgarishlar, masalan, g'ovaklarning qo'shilishi yoki buzilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin, bu esa umumiy g'ovaklikning kamayishiga olib keladi.

Solishtirma sirt yuza (169,8 dan 77,5 m²/g gacha) va umumiy adsorbsiya hajmida (62 dan 30 sm³/g gacha) yaqqol kamayish kuzatilib, bu 900°C da yuqori harorat ta'siri bilan bog'liq bo'lib, tashqi yuzani buzilishiga va shu bilan umumiy yuza maydonining yo'qolishiga olib keladi. Shundan so'ng, 950°C haroratda solishtirma sirt yuzaning takror o'sishi kuzatilib, bu qolgan uglerod komponentlarining yanada parchalanishi va yangi g'ovakli strukturalarning hosil bo'lishi natijasi bo'lishi mumkin. Bu takroriy o'sish past haroratlarda boshqa moddalar bilan tiqilib qolgan yoki to'silib qolgan muayyan turdagi g'ovaklarning faollanishi bilan ham bog'liq bo'lishi mumkin.

11-rasmdan ko'rinib turibdiki, karbonizatsiya harorati 500 dan 800°C gacha oshirilishi bilan mikrog'ovaklar hajmi (V_a) ortib boradi, bu harorat oshishi bilan mikrog'ovakli struktura rivojlanishining yaxshilanishini ko'rsatadi. Eng katta

mikrog'ovaklar hajmi 800°C da kuzatiladi, bu ushbu materialda mikrog'ovakli struktura hosil bo'lishi uchun maqbul harorat bo'lishi mumkin. Biroq, haroratni 900 va 950°C ga oshirish bilan V_a kamayishi kuzatiladi, bu mikrog'ovakli strukturaning buzilishi yoki mikrog'ovaklarning kattaroq g'ovaklarga qo'shilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

500°C haroratda mezog'ovaklar eng katta hajmni egallaydi. Bu g'ovakli strukturaning hosil bo'lishining boshlang'ich bosqichi bilan bog'liq bo'lishi mumkin, bunda ko'pchilik g'ovaklar hali mikrog'ovakli o'lchamlarga etib bormagan. 600°C haroratda mezog'ovaklar hajmi kamayadi, bu g'ovaklar o'lchamlarining kichiklashishi va mikrog'ovakli strukturaning hosil bo'lishi jarayonining boshlanishini ko'rsatishi mumkin. Haroratni 800°C ga oshirish bilan mezog'ovaklar hajmi yana ortib, ushbu oraliqda maksimal qiymatiga yetadi, bu esa optimal mezog'ovakli strukturaning hosil bo'lishini ko'rsatadi.

900 va 950°C haroratlarda mezog'ovaklar hajmi va umumiy g'ovaklik tizimining keskin kamayishi kuzatiladi, bu g'ovaklarning qo'shilishi yoki strukturaning buzilishi natijasida bo'lishi mumkin.

900 va 950°C haroratlarda ham mikro, ham mezog'ovaklar hajmining kamayishi yuqori haroratlarda materialning g'ovakli strukturasini saqlash maqsad qilinganda noqulay bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi.

AK5-800 va AK3-800 namunalari AK1-800 va AK7-800 ga qaraganda yuqori adsorbsion qobiliyatga ega, chunki AK5-800 va AK3-800 uchun qiymatlar yuqoriroq bo'lib, bu bir xil nisbiy bosimlarda ko'proq miqdorda adsorbsiya qilingan moddani ko'rsatadi. Barcha namuna nisbiy bosimlar past bo'lgan holatda to'yinish (tekislik) holatiga etadi, bu yuqori adsorbsion faollik va katta miqdordagi mikrog'ovaklar mavjudligini ko'rsatishi mumkin.

Shunday qilib, izotermalardan ko'rish mumkinki, faollashtiruvchi agenti (KOH) miqdorining ortishi faollashtirilgan ko'mirlarning adsorbsion qobiliyatini oshiradi. Bu jadvalda keltirilgan tekstur hususiyatlari bilan muvofiq kelib, karbonizat va KOH nisbatining yuqoriligi katta solishtirma sirt va g'ovak hajmini ta'minlagan.

Izotermalar asosida uglerod namunalarning tekstur xarakteristikalari qiymatlari hisoblab chiqilib, ko'rsatkichlar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

Namunalarning tekstur hususiyatlari

Namuna	S_y , m^2/g^*	S_y , m^2/g^{**}	t-Plot, m^2/g	V , sm^3/g	t-Plot (mikrog'ovak hajmi), V_a , sm^3/g	R , Å	O'rtacha teshik kengligi, Å	O'rtacha gidravlik g'ovak radiusi, Å
AK1-800	447,4	698,9	359,96	0,2473	0,1986	22,107	134,108	6,715
AK3-800	799,6	1283,2	632,78	0,4504	0,3488	22,530	75,031	6,708
AK5-800	917,6	1451,2	714,35	0,5097	0,3936	22,215	65,381	6,709
AK7-800	837,7	1333,0	652,51	0,4686	0,3608	22,372	71,618	6,715

Solishtirma sirt yuza AK1-800 dan AK5-800 ga qadar ortadi, bu faollashtiruvchi agent (KOH) miqdorining ko'payishi bilan bog'liq bo'lishi

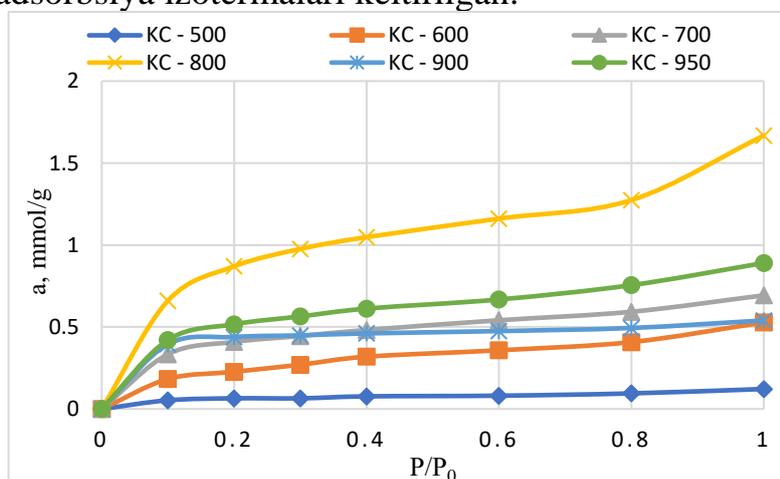
mumkin. Yuzaning kattalashishi yuqori adsorbsion sig‘imni ta‘minlaydi, bu adsorbsiya izotermalari bilan tasdiqlanadi. Ammo, AK7-800 AK5-800 dan ancha kichik solishtirma sirt yuzaga ega bo‘lib, bu KOH miqdori ortishi bilan ma‘lum bir chegaraga yetishini ko‘rsatadi, ushbu chegaradan keyin KOH miqdorining ortishi solishtirma sirtning ortishiga olib kelmasdan, g‘ovaklarning zichlashishi yoki to‘silishiga sabab bo‘ladi. Mikro (V_a) va mezog‘ovaklar (V_b) hajmi ham KOH eritmasi sarfining ortishi bilan ortadi.

G‘ovaklar o‘lchami barcha namunalarda nisbatan barqaror bo‘lib, bu KOH konsentratsiyasining o‘zgarishi g‘ovaklar soniga ko‘proq ta‘sir qilayotganini ko‘rsatadi. Shuningdek, average pore, hydraulic radius ham nisbatan barqaror bo‘lib, KOH konsentratsiyasiga aniq bog‘liqlikni ko‘rsatmaydi.

AK1-800 dan AK5-800 gacha bo‘lgan namunalarda median pore width kamayadi, bu yuqori KOH konsentratsiyasida ko‘mir zarrachalarining kuchliroq parchalanishi natijasi bo‘lishi mumkin. Ammo AK7-800 namunasida g‘ovak o‘lchami AK5-800 ga nisbatan ortib boradi, bu faollash mexanizmining o‘zgarishi yoki zarrachalarning aglomeratsiyasi natijasi bo‘lishi mumkin.

Dissertatsiyaning «**Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi asosidagi faollashtirilgan ko‘mirlarning adsorbsion xususiyatlari. Oqish moylarni tozalashda ko‘mirlarning qobiliyatini tahlil qilish**» deb nomlangan to‘rtinchi bobida qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi asosidagi faollashtirilgan ko‘mirlarning adsorbsion xususiyatlari ko‘rib chiqilgan.

Organik adsorbatlar bug‘larining 20°C haroratda adsorbsiya izotermalari vazniy usulda olingan. 12-rasmda faollashtirilgan ko‘mirlarda benzol bug‘larining adsorbsiya izotermalari keltirilgan.



12-rasm. Termofaollashgan ko‘mirlarda benzol bug‘i adsorbsiyasi izotermalari.

Faollash haroratining KC-500 dan KC-950 gacha ko‘tarilishi bilan ko‘mirlarning adsorbsion qobiliyati sezilarli darajada ortib boradi. Yuqori haroratlarda ishlov berilgan ko‘mirlar (KC-700, KC-800, KC-950) past haroratlarda faollashtirilgan ko‘mirlarga (KC-500, KC-600) nisbatan yuqori adsorbsiya qiymatlarini namoyon qiladi.

Barcha izotermalar nisbiy bosim ortishi bilan adsorbsiyaning chiziqsiz o‘shishini ko‘rsatadi, bu fizik adsorbsiya uchun xosdir. KC-800 va KC-950 larning past bosimdagi yuqori adsorbsiyasi ushbu namunalardagi mikrog‘ovaklar va

mezog'ovaklarning yuqori darajada mavjudligini ko'rsatishi mumkin, bu boshqa namunalarga nisbatan ko'proq adsorbsiya qilish qobiliyatini ta'minlaydi.

4-jadval.

Benzol bo'yicha ko'mirlarning adsorbsion xususiyatlari

Namuna	A_0 , mmol/g	S , m^2/g	V_a , sm^3/g	V_b , sm^3/g	R , Å
KC-500	0,122	11,26	0,008	0,011	19,2
KC-600	0,528	45,28	0,036	0,047	20,7
KC-700	0,693	72,48	0,051	0,061	16,9
KC-800	1,668	156,92	0,115	0,148	16,6
KC-900	0,540	71,97	0,045	0,048	13,3
KC-950	0,890	91,94	0,065	0,079	17,2
AK1-800	2,813	677,36	0,360	0,050	12,0
AK3-800	3,226	776,90	0,419	0,050	12,0
AK5-800	3,743	901,20	0,473	0,080	12,2
AK7-800	3,293	793,02	0,418	0,070	12,2

Yuqori konsentratsiyali KOH bilan ishlov berilgan (AK5-800 va AK7-800) namunalar AK1-800 va AK3-800 ga nisbatan yaxshiroq adsorbsion xususiyatlarni namoyon qiladi. Bu ko'mirlarning yuqori konsentratsiyali faollashtirish natijasida hosil bo'lgan chuqurroq g'ovakli tuzilishi bilan bog'liq bo'lishi mumkin.

Adsorbsion sig'imning ortishi karbonizatsiya haroratining KC-500 dan KC-900 gacha oshishi bilan kuzatiladi, bu yuqori haroratlarda benzolni adsorbsiya qilish uchun samaraliroq strukturalarning hosil bo'lishiga yordam berishini ko'rsatadi.

KOH eritmasi va qo'shimcha termofaollash orqali 800°C da olingan faollashtirilgan ko'mirlar (AK1-800, AK3-800, AK5-800, AK7-800) faollashmagan ko'mirlarga nisbatan sezilarli darajada yuqori adsorbsion sig'imni ko'rsatadi, bu kimyoviy faollashtirishning adsorbsion xususiyatlarni yaxshilashdagi samaradorligini ko'rsatadi. G'ovaklarning o'lchamlari faollashtirilgan ko'mirlar uchun nisbatan barqaror bo'lib, 12-12,2.Å oralig'ida o'zgaradi, bu kimyoviy faollashtirish natijasida mikrog'ovakli materiallarga hosil bo'lgan g'ovakli strukturalarning hosil bo'lishini ko'rsatadi.

4-jadval.

Suv bug'iga nisbatan ko'mirlarning adsorbsion xususiyatlari

Namuna	A_0 , mmol/g	S , m^2/g	V_a , sm^3/g	V_b , sm^3/g	R , Å
KC-500	1,525	99,12	0,076	0,115	23,2
KC-600	1,412	91,78	0,070	0,104	22,8
KC-700	1,680	109,24	0,097	0,148	27,2
KC-800	0,977	63,49	0,077	0,133	41,9
KC-900	0,881	57,28	0,085	0,191	66,9
AK1-800	0,478	31,05	0,046	0,128	82,5
AK3-800	0,408	26,54	0,049	0,129	97,4
AK5-800	0,593	38,54	0,065	0,137	71,2

Harorat ko'tarilishi bilan KC-700 namunasi V_a va V_b qiymatlarining yuqori bo'lishini ko'rsatadi, bu g'ovaklikning ortishiga ishora qiladi. G'ovak radiusining harorat ko'tarilishi bilan ortishi g'ovak o'lchamlarining kattalashishini va kichik molekullarni adsorbsiya qilishda ularning samaradorligining kamayishini ko'rsatishi mumkin.

KOH bilan kimyoviy faollashtirilgan va 800°C da termoshlov berilgan ko'mirlar (AK5-800 va AK7-800) termoshlov berish bilan kifoyalangan ko'mirlarga (KC-700, KC-800) nisbatan solishtirma sirti va g'ovak hajmining kamayishini namoyon qiladi. Bu kimyoviy faollashtirishning g'ovak strukturasi sezilarli ta'sirini ko'rsatadi. AK5-800 namunasi kimyoviy faollashtirilgan ko'mirlar orasida eng katta mikrog'ovak va mezog'ovak hajmiga ega bo'lib, bu uning muayyan qo'llanmalar uchun yaxshiroq adsorbsion xususiyatlarga ega bo'lishini ko'rsatadi.

Soya moyining rangdorligi tajribalar davomida GOST 5477-93 standartiga muvofiq aniqlandi. Tajribalar xona haroratida o'tkazildi, adsorbent sarfi moy massasining 2% ni tashkil etdi. Moyning dastlabki kislotali soni 10,09 mg/100 g bo'lib, bu ma'lum darajada oksidlanish yoki erkin yog' kislotalari mavjudligini ko'rsatadi. Adsorbent AK3-800 ni qo'llashdan so'ng kislotali soni 4,48 mg/100 g gacha pasayadi, bu erkin yog' kislotalari yoki oksidlanish mahsulotlari miqdorining sezilarli darajada kamayganligini ko'rsatadi.

AK5-800 va AK7-800 adsorbentlari ham kislotali sonini mos ravishda 5,61 va 5,83 mg/100 g gacha pasaytiradi, lekin AK3-800 kabi samarali emas.

5-jadval.

Soya moyining rangdorligining adsorbsion tozalashdan oldin va keyingi o'zgarishi

Adsorbentlar	qizil	sariq	ko'k	neytral
-	1,8	6,9	1,2	0
AK3-800	1,0	5,4	0	0
AK5-800	1,0	5,2	0	0
AK7-800	1,0	5,5	0	0

5-jadvalning tahlili, turli adsorbentlar (AK3-800, AK5-800, AK7-800)dan foydalanish orqali soya moyining adsorbsion tozalashdan oldin va keyingi rangdorligi o'zgarishini ko'rsatadi. Adsorbentlarsiz soya moyining boshlang'ich rangdorligi: qizil komponent 1,8, sariq komponent 6,9, ko'k komponent 1,2, neytral komponent mavjud emas (0).

AK3-800 adsorbentini qo'llashda moyning rangdorligi o'zgaradi: qizil komponent 1,0 ga, sariq komponent 5,4 ga kamayadi, ko'k komponent va neytral komponent mavjud emas (0). AK5-800 adsorbentini qo'llashda o'xshash natijalar kuzatiladi: qizil komponent 1,0, sariq komponent 5,2, ko'k komponent va neytral komponent mavjud emas (0). AK7-800 adsorbentini qo'llashda qizil komponent ham 1,0 ga, sariq komponent 5,5 ga kamayadi, ko'k komponent va neytral komponent mavjud emas (0).

XULOSA

1. Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi ko'mir adsorbentlarini ishlab chiqarish uchun xom ashyo sifatida katta salohiyatga ega ekanligi aniqlandi, 8-12% namlik miqdori uni piroliz yoki kimyoviy faollashtirish jarayonlarida qo'shimcha tayyorgarliksiz qo'llashga tayyorligini ko'rsatadi. O'rtacha kul miqdori (3-5%) va

yuqori uchuvchan moddalar miqdori (67-73%) organik komponentlar boyligini ko'rsatib, bu termik ishlov berishda g'ovakli tuzilma hosil bo'lishiga yordam beradi.

2. Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisining termik ishlov berish uning tuzilmasi va kimyoviy tarkibiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlandi, va haroratni 400 dan 950°C gacha oshirishda organik komponentlarning parchalanishi bosqichma-bosqich qiyinlashib boradi, bu kul miqdorining ortishi va uglerod ulushining kamayishi bilan tasdiqlanadi, uchuvchan moddalar esa ko'mirida saqlanib qoladi. 1000°C haroratda ko'mirning kulligi 21,8% ga yetadi, bu esa mineral qoldiqlarning intensiv shakllanishi va organik materiallarning yo'qolishini ko'rsatadi.

3. 20% li KOH eritmasi bilan 120°C gacha bo'lgan haroratda va faollanish vaqtlari 0,5 dan 24 soatgacha bo'lgan kimyoviy faollashuv g'ovaklik va adsorbsiya samaradorligini sezilarli darajada oshishiga olib kelishi aniqlandi. Kimyoviy faollashuvdan keyin kul miqdori 17,9 dan 4,35% gacha kamaydi, bu KOH ning modifikatsiya qiluvchi vosita sifatida yuqori samaradorligini tasdiqlaydi.

4. Rentgen fazasi tahliliga asoslanib, KOH bilan kimyoviy faollashuv amorf uglerodning xarakterli cho'qqilarini kamaytirishi va grafitga o'xshash tuzilmalar mavjudligini ko'rsatadigan cho'qqilarni oshirishi aniqlandi. 20% li KOH eritmasining ko'mir massasiga nisbati 1:5 bo'lganida kul miqdori 4,35% gacha kamayadi, bu jarayonning yuqori samaradorligini ko'rsatadi.

5. Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisining termik ishlov berish jarayonida 500 dan 700°C gacha bo'lgan haroratda solishtirma sirt maydonining asta-sekin ortib borishi kuzatildi, bu organik komponentlarning yonishi va g'ovaklarning shakllanishi bilan izohlanadi. Eng yuqori solishtirma sirt maydoni 800-850°C gacha bo'lgan haroratda erishiladi va 169,8 m²/g ni tashkil etadi, bu g'ovakli tuzilmaning eng samarali rivojlanishini ko'rsatadi. Harorat 850°C dan yuqori bo'lganda esa solishtirma sirt maydoni 77,5 m²/g gacha pasayadi, bu tuzilmaviy o'zgarishlar bilan bog'liq.

6. Qizilmiya ildizpoyasi chiqindisi asosidagi faollashtirilgan uglerodlar soya moyi va distillangan glitserinni tozalashda yuqori samaradorlik ko'rsatishi aniqlandi. Glitserin uchun bu uglerodlardan foydalanish rang indeksini 10 dan 0 mg I₂/100 sm³ gacha va kul tarkibini 0,25 dan 0,03% gacha kamaytirdi, eng yaxshi glitserin namunalarning sifat standartlariga javob beradi. Bu natijalar oziq-ovqat va kimyo sanoatida mahsulot sifatini yaxshilash uchun ishlab chiqilgan adsorbentlarning yuqori salohiyatini tasdiqlaydi.

**НАУЧНЫЙ СОВЕТ DSc.02.30.12.2019.К/Т35.01 ПО
ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ПРИ ИНСТИТУТЕ
ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ**

ИНСТИТУТ ОБЩЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ

ХОШИМОВ ШАХРОМ МАНСУРЖОН УГЛИ

**ВЛИЯНИЕ АКТИВАЦИИ С ГИДРОКСИДОМ КАЛИЯ НА
СТРУКТУРУ И АДсорбЦИОННЫЕ СВОЙСТВА УГЛЕРОДНЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОТХОДА СОЛОДКИ**

02.00.11 – Коллоидная и мембранная химия

**АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИИ ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ (PhD)
ПО ХИМИЧЕСКИМ НАУКАМ**

Ташкент – 2024

Тема диссертации доктора философии (PhD) по химическим наукам зарегистрирована в Высшей аттестационной комиссии при Министерстве высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан под номером B2024.1.PhD/K739

Диссертация выполнена в Институте общей и неорганической химии.

Автореферат диссертации на трёх языках (узбекский, русский, английский (резюме)) размещен на веб-странице Научного совета по адресу www.ionx.uz и Информационно-образовательном портале «Ziynet» по адресу www.ziynet.uz.

Научный руководитель:

Эшметов Иззат Дусимбатович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Якубов Йулдош Юсупбоевич
доктор химических наук, профессор

Исмаилов Ровшан Исроилович
доктор химических наук, профессор

Ведущая организация:

Ташкентский химико-технологический институт

Защита состоится « 27 » август 2024 г. в «10⁰⁰» часов на заседании Научного совета DSc.02.30.12.2019.K/T35.01 при Институте общей и неорганической химии по адресу: 100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а. Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90; e-mail: ionx@academy.uz.

Диссертация зарегистрирована в Информационно-ресурсном центре Института общей и неорганической химии за № 18, с которой можно ознакомиться в информационно-ресурсном центре (100170, г. Ташкент, ул. Мирзо Улугбека, 77-а). Тел.: (+99871) 262-56-60; факс: (+99871) 262-79-90.

Автореферат диссертации разослан « 12 » августа 2024 года.
(Реестр за № 18 от « 12 » августа 2024 года).



Закиров Б.С.

Председатель научного совета по присуждению
ученой степени, д.х.н., проф.

Салиханова Д.С.

Ученый секретарь научного совета по присуждению
ученой степени, д.т.н., проф.

Б.З.Адизов

Зам. председателя научного семинара при научном совете
по присуждению ученой степени, д.т.н., проф.

ВВЕДЕНИЕ (аннотация диссертации доктора (PhD) философии)

Актуальность и востребованность темы диссертации. Во всем мире в последние годы усиливаются требования к качеству очистки воздуха, сточных вод и продовольственных продуктов, что вызвано растущей промышленной деятельностью и ужесточением экологических норм. В этом контексте особое значение приобретает разработка новых, эффективных и экологичных адсорбентов на основе возобновляемых ресурсов, таких как растительное сырьё. Создание угольных адсорбентов из растительного сырья позволит не только снизить зависимость от традиционных невозобновляемых материалов, но и имеет важное значение для значительного повышения экономической и экологической эффективности процессов очистки.

В мире ведутся научные и практические исследования по созданию новых адсорбентов на основе местного сырья и промышленных отходов, а также их применению для очистки сточных вод, растительных масел и других жидкостей. В данном аспекте особое внимание уделяется обоснованию ряда научных решений, включая: подбору местных сырьевых ресурсов и промышленных отходов, термической активации растительного сырья и его химической модификации, созданию угольных адсорбентов с улучшенными адсорбционными характеристиками и пористой структурой, изучению условий взаимодействия угольных адсорбентов с загрязнителями в различных неорганических и органических средах и созданию технологий производства угольных и других адсорбентов.

В Республике достигаются научные и практические результаты по получению новых материалов, в частности по разработке технологий производства угольных адсорбентов на основе местного растительного сырья. В третьем направлении стратегии развития Нового Узбекистана, направленной на дальнейшее развитие Республики Узбекистан на 2022-2026 годы определены задачи в направлениях «Обеспечение устойчивости национальной экономики и увеличение промышленности в общей внутренней продукции, увеличение объема производства промышленности продукции в 1,4 раза»¹. В этом аспекте имеет большое значение создание высокоэффективных угольных адсорбентов, отвечающих современным требованиям пищевой промышленности и охраны окружающей среды, установлению связи между способами активации и функциональными характеристиками адсорбентов.

Данное диссертационное исследование в определенной степени служит осуществлению задач, предусмотренных в Указах Президента Республики Узбекистан № УП-60 от 28 января 2022 года «О Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы», № УП-4947 от 7 февраля 2017 года «Стратегия действий по приоритетным направлениям развития Республики Узбекистан в 2017-2021 годах», Постановлениях Президента Республики Узбекистан № ПП-3236 от 23 августа 2017 года «О программе ускоренного развития химической

¹ Указ Президента Республики Узбекистан УП-60 «О стратегии развития Нового Узбекистана на 2022-2026 годы» от 28 января 2022 года.

промышленности на 2017-2021 годы», № ПП-3983 от 25 октября 2018 года «О мерах по ускоренному развитию химической промышленности Республики Узбекистан», а также в других нормативно-правовых документах, относящихся к данной сфере.

Соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий республики. Данное исследование выполнено в соответствии с приоритетным направлением развития науки и технологий в республике VII. «Химические технологии и нанотехнологии».

Степень изученности проблемы. В мире целенаправленные исследования в области создания угольных адсорбентов на основе различных углей и связующих активно проводятся учеными из различных научных школ. Среди них можно выделить таких исследователей, как X. Zhang, J.Kemia, Кинле X. Бутырин Г.М., Поконова, Ю.В., Мухин, В.М., Кольшкин Д.А. Чучалина А.Д. Эти и другие ученые активно вкладывают усилия в изучение проблемы выбора эффективных связующих добавок и угольных материалов с целью разработки высокопористых адсорбентов.

В Узбекистане под руководством К.С.Ахмедова была создана школа, направленная на исследование и создания адсорбентов, представители которой: Э.А.Арипов, С.С.Хамраев, С.Н.Аминов, А.А.Агзамходжаев, У.К.Ахмедов, Б.Н.Хамидов, Муминов С.З., С.А.Абдурахимов, И.Д.Эшметов, Ш.А.Кулдашева, Д.С.Салиханова, Д.Ж.Жумаева, А.Б.Абдикамалова, О.К.Эргашев и др. внесли весомый вклад в ее развитие.

Следует подчеркнуть, что до настоящего момента не осуществлялись систематические исследования по разработке новых видов эффективных адсорбентов на базе растительного сырья. В частности, отсутствуют данные о создании адсорбентов из жмыха корня солодки с учётом влияния параметров химической и термической активации на формирование пористой структуры и текстурные свойства готовых продуктов. Это открывает новые перспективы для научных разработок в данной области, предлагая возможность значительного улучшения функциональных характеристик адсорбционных материалов.

Связь исследования с научно-исследовательскими планами научно-исследовательского учреждения, в котором была выполнена диссертация. Диссертационное исследование выполнено в рамках государственной программы по теме «Разработка технологии получения адсорбентов и реагентов для очистки сточных вод нефтяной, нефтегазодобывающей промышленности, а также создание прочного структурно-образующего состава реагентов в подвижных почвенно-песчаных дисперсах» в соответствии с научно-исследовательскими планами Института общей и неорганической химии.

Целью исследования является установление влияния активации с гидроксидом калия на структуру и адсорбционные свойства углеродных материалов на основе отхода солодки.

Задачи исследования:

исследование состава, физико-химических характеристик жмыха корня солодки и определение его потенциала в производстве адсорбентов;

оценка влияния термической активации жмыха корня солодки на структурные и текстурные характеристики получаемого угольного материала;
исследование изменения пористости и адсорбционной способности образцов в зависимости от условий обработки;

анализ влияния химической активации на структуру и пористые свойства углей на основе жмыха корня солодки, определение оптимальных условий активации для улучшения адсорбционных свойств;

оценка адсорбционных характеристик термо- и химически активированных углей по отношению к различным адсорбатам из газовой и водной среды;

исследование применимости разработанных угольных адсорбентов в промышленных процессах, включая очистку светлых масел и дистиллированного глицерина.

Объектами исследования жмых корня солодки и образцы химически и термоактивированных углей на его основе.

Предметом исследования являются условия термической активации, карбонизации и химической активации остатков корня солодки, адсорбционные свойства углеродных адсорбентов, а также изучение закономерностей очистки соевого масла и глицерина.

Методы исследования. При выполнении диссертационной работы широко использовались современные и традиционные методы определения физико-химических (рентгенофазовый, рентгенофлуоресцентный, термический, электронно-микроскопические, ИК спектральные анализы) и коллоидно-химических (адсорбционные, кондуктометрические, титриметрические анализы) характеристик дисперсных систем.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

установлено, что повышение температуры термической обработки углей приводит к увеличению их адсорбционной емкости по бензолу, достигая максимальной емкости 1,668 ммоль/г при обработке при 800°C, а также химическая активация углей раствором КОН повышает их адсорбционную активность по йоду с 80,645 мг/г для неактивированного угля до 1117,6 мг/г для активированных образцов;

установлено, что с повышением температуры удельная поверхность углей по азоту увеличивается, достигая наибольшего значения 169,8 м²/г при температуре 800-850°C, а дальнейшее повышение температуры приводит к снижению удельной поверхности до 77,5 м²/г, что объясняется структурными изменениями, такими как слияние или коллапс пор;

установлено, что при расходе КОН к массе карбонизату 1:1 (АК1-800) и 1:5 (АК5-800) удельная поверхность увеличивается с 698,93 до 1451,16 м²/г, а общий объем пор с 0,2543 до 0,5167 см³/г, а дальнейшее увеличение соотношения карбонизат:КОН (АК7-800) приводит к снижению этих показателей, что объясняется частичным закупориванием пор и уменьшением их адсорбционной эффективности;

установлено, что при химической активации карбонизата с использованием КОН (20%) в качестве модификатора, оптимальная эффективность достигается

при температуре 120°C и продолжительности обработки 4 часа, что приводит к значительному увеличению пористости и адсорбционной эффективности, при этом пористость возрастает, а содержание золы снижается с 17,9 до 4,35%;

на основании рентгенофазового анализа установлено, что химическая активация с использованием КОН приводит к уменьшению пиков, характерных для аморфного углерода, и увеличению пиков, указывающих на графитоподобные структуры. При этом было доказано, что раствор КОН концентрацией 20% в соотношении 1:5 с карбонизатом обеспечивает наименьшее содержание золы и наибольшее содержание углерода.

Практические результаты исследования заключаются в следующем:

разработаны методические основы проведения процессов термической активации жмыха корня солодки;

разработаны методические основы проведения процессов химической активации жмыха корня солодки с использованием раствора едкого калия.

Достоверность результатов исследования подтверждена результатами современных физико-химических (рентгенофазовый, термический, электронно-микроскопический, рентгенодифракционный) и коллоидно-химических (кондуктометрический, адсорбционный) анализов и испытаний на базе Ассоциации предприятий масложировой промышленности Республики Узбекистан.

Научная и практическая значимость результатов исследования.

Научная значимость результатов исследования обосновывается разработкой методологии процессов термической и химической активации растительного сырья, установлением оптимальных условий химической активации карбонизата с растворами едкого калия, которые послужат базой для целенаправленного проведения процесса создания угольных адсорбентов для различных целей на основе растительного сырья.

Практическая значимость результатов исследований служит для разработки технологии получения угольных адсорбентов на основе растительного сырья и промышленных отходов, которые могут быть применены для различных очистительных целей, и в учебном процессе подготовки магистров и бакалавров в образовательных учреждениях в сфере химии и химической технологии.

Внедрение результатов исследования. По результатам получения пористых материалов на основе отходов солодки и определения их коллоидно-химических свойств:

метод адсорбционной очистки соевого масла от свободных жирных кислот и красящих веществ с использованием углеродсодержащих адсорбентов, полученных термической и химической активацией отходов корня солодки, включен «в перечень перспективных разработок для реализации в 2026-2030 годах» на ООО «Наманган тола текстиль» (Справка Ассоциации масложировой промышленности Республики Узбекистан КС/3-62 от 6 марта 2024 года). В результате количество кислотного числа в жире составило 10,09-5,83 мг КОН/г и предоставляется возможность снижения красных и синих единиц от 1,8 до 1,0 и от 1,2 до 0,0;

метод адсорбционной очистки глицерина с использованием углеродного адсорбента АК5-800 включен «в перечень перспективных разработок для реализации в 2026-2030 годах» на ООО «УРГЕНЧ ЁГ-МОЙ» (Справка Ассоциации масложировой промышленности Республики Узбекистан КС/3-62 от 6 марта 2024 года). В результате углеродный адсорбент АК5 может заменить импортный угольный адсорбент за счет снижения цветности и зольности глицерина.

Апробация результатов исследования. Основные результаты данного исследования обсуждались на 5 международных, и 9 республиканских научно-практических конференциях.

Опубликование результатов исследования. По теме и материалам диссертации опубликовано 22 научных работ, в том числе 8 научных статей, 3 в республиканских и 5 в зарубежных журналах, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией Республики Узбекистан для публикации основных научных результатов диссертации.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения. Объём диссертации составляет 114 страниц.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

Во **введении** обосновываются актуальность работы и востребованность проведенного исследования, характеризуются цель и задачи, излагается соответствие исследования приоритетным направлениям развития науки и технологий Республики Узбекистан, научная новизна и практические результаты исследования, раскрываются научная и практическая значимость полученных результатов исследования, опытно-промышленные испытания, сведения об опубликованных работах и структуре диссертации.

В первой главе диссертации «**Проблема создания угольных адсорбентов термохимической активацией растительного сырья**», проанализированы основные аспекты углеродных адсорбентов, влияния термической активации на структуры и характеристики углерод содержащего сырья, способы химической активации углеродсодержащего сырья с целью улучшения пористой структуры, современные промышленные способы и технологии производство активированного угля из аграрных отходов для очистки от органических загрязнителей. Глава подробно осветила различные методы активации, а также потенциал и эффективность разнообразных сырьевых материалов, включая сельскохозяйственные отходы, в производстве активированных углей.

Обзор литературы позволяет возможность получения высокоэффективных угольных адсорбентов на основе растительного сырья термохимической обработкой. Анализ литературы позволяет сформулировать цель и задачи, поставленные в данной работе.

Во второй главе диссертации «**Выбор углеродсодержащего материала и его активация. Методы исследования основных характеристик**» приводятся

результаты исследования исходных материалов, освещаются методы исследования их структуры.

В качестве исходного материала использовались остатки биомассы — жмыха корня солодки (ЖКС). Данный отход был получен у Ассоциации организаций по производству и переработке солодки и других лекарственных растений (Республика Каракалпакстан).

Жмых представлял собой хлопья, длиной не более 20 мм и толщиной не более 3 мм. Эти образцы были применены в исследовании без какой-либо предварительной обработки или измельчения.

Полученная зола анализировалась с помощью различных методов, таких как рентгенофлуоресцентный анализ, рентгенодифракционный анализ, чтобы определить состав и концентрацию неорганических элементов. Результаты рентгенофазового анализа представлены на рис. 1.

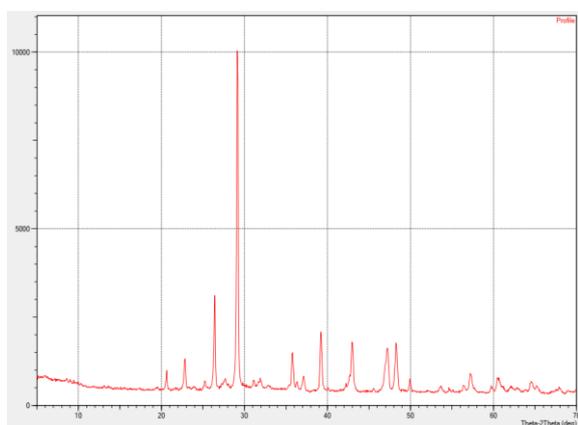


Рис. 1. Рентгенограмма зольной части жмыха корня солодки.

Анализ данных рентгенофазового анализа золы позволяет определить наличие различных минеральных фаз на основе характеристик дифракционных пиков. На основе представленных данных можно предположить, что зола содержит комплекс минералов, включая кварц, анортит, возможно кальцит и другие силикатные или карбонатные минералы. Этот минеральный состав является типичным для золы, получаемой из растительных материалов.

Первой стадией в производстве активированных углей является процесс пиролиза сырья с образованием карбонизированного твердого продукта. Эксперименты по пиролизу проводились в атмосфере аргона при скорости потока 40 ± 1 мл/с, а реактор представлял собой реактор с неподвижным слоем, изготовленный из нержавеющей стали диаметром 0,055 м и высотой 1 м. Термоактивация проводилась в той установке, которой проводился пиролиз. Исследовано влияние температуры ($400-950^\circ\text{C}$) и продолжительности (0,5-5,0 ч) активации на физико-химические и адсорбционные характеристики полученных угольных материалов.

На рис. 2 представлены кривые изменения массы при карбонизации в зависимости от её температуры и продолжительности.

При температуре ниже 600°C , потери массы минимальны для всех временных интервалов. С увеличением температуры до 800°C и выше, потеря массы становится значительной и достигает максимума при 1000°C .

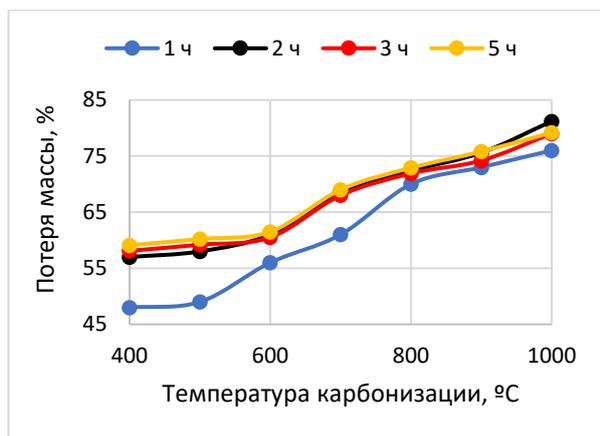


Рис. 2. Зависимость изменения массы (%) карбонизата в зависимости от температуры при различных значениях продолжительности процесса (ч).

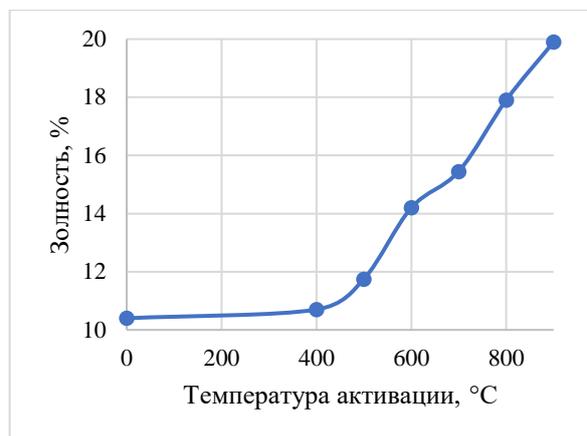


Рис. 3. Количественная зависимость содержания зольных компонентов в карбонизате от температуры активации.

Из рис. 3 наблюдается постепенное увеличение количества зольной части с повышением температуры активации. Содержание золы в исходном жмыхе составляет 10,4%. В образце, карбонизированном при 400°C, происходит незначительное повышение зольной фракции до 10,7%, что может свидетельствовать о начале термических изменений в структуре жмыха.

Самый значительный прирост зольной части происходит в интервале температур от 700 до 900°C, где количество золы увеличивается с 15,45 до 19,9%, соответственно.

В табл. 1 сопоставлены результаты экспериментов по пиролизу жмыха корня солодки при различных температурах. С увеличением температуры выход угля уменьшается с 41,9 при 400°C до 21,1% при 1000°C. Это указывает на более интенсивное разложение органического материала при высоких температурах. Максимальный выход смолы наблюдается при 700°C (23,3%), после чего его значение начинает уменьшаться. Это указывает на то, что при более высоких температурах смолистые компоненты разлагаются или переходят в газообразную фазу.

Таблица 1. Выход различных продуктов при пиролизе жмыха (продолжительность 2 ч)

Т, °C	Выход продуктов, %			Летучие вещества в угле, %	Зольность угля, %
	уголь	смола	газообразные		
400	41,9	14,8	43,3	21,5	10,7
500	40,8	16,3	42,9	21,1	11,8
600	39,5	17,8	42,7	20,9	14,2
700	32,0	23,3	44,7	22,9	15,5
800	28,1	21,2	50,7	28,9	17,9
900	25,8	19,8	54,4	32,6	19,9
1000	21,1	14,3	64,6	0,8	21,8

Выход газообразных продуктов увеличивается с ростом температуры, от 43,3 при 400°C до 64,6% при 1000°C. Это свидетельствует о том, что высокие температуры способствуют газификации углеродсодержащих веществ.

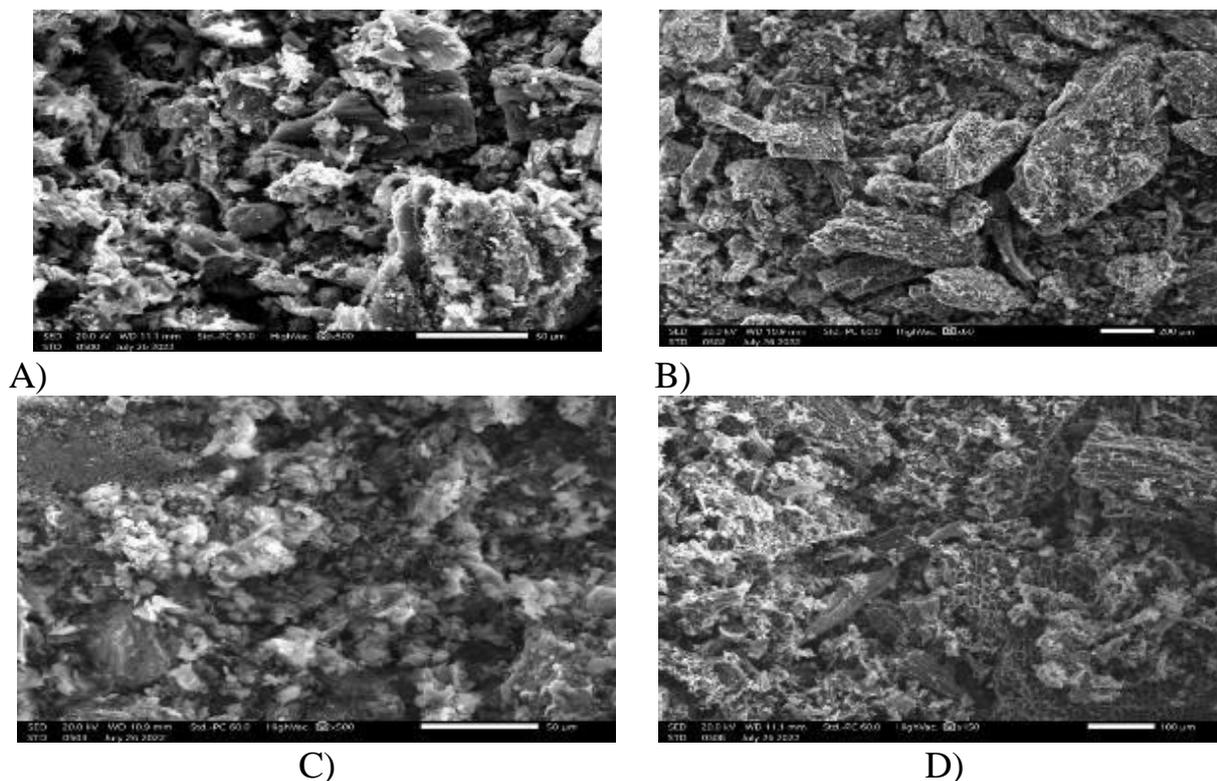


Рис. 4. Электронно-микроскопический снимок термоактивированных углей при температурах, °С: 1) 600; 2) 700; 3) 800; 4) 900.

Зольность угля увеличивается с повышением температуры обработки, начиная с 10,7% при 400°С и достигая 21,8% при 1000°С. Это может быть связано с концентрацией неорганических компонентов в угле после термического разложения органики.

Из рис. 4 можно увидеть, что уголь, полученный при температуре 600°С характеризуется с поверхностью относительно гладкой с небольшими порами. Структура достаточно плотная, что свидетельствует о начальных стадиях карбонизации, при которых ещё не произошло полное разложение органических компонентов. При температуре 700°С начинают заметно увеличиваться поры на поверхности угля. Видны участки, где материал начинает распадаться, способствуя увеличению пористости. Это указывает на более активное разложение вещества и формирование пор.

Структура становится более грубой при температуре 800°С и пористой по сравнению с предыдущими снимками. Можно наблюдать образование более крупных и разнообразных пор, что является признаком усиленного разложения и улучшения адсорбционных свойств угля.

В третьей главе **«Химическая активация угля на основе жмыха корня солодки. Текстурные характеристики термо и химически активированного угля»** рассматривается процесс химической активации угля, полученного из жмыха корня солодки, с особым вниманием к изменениям текстурных характеристик углей после термической и химической обработки.

Химическая активация проводилась с использованием раствора КОН, при которой изучалось влияние расхода раствора активатора, температуры (от комнатной до 120°С) и продолжительности активации (от 0,5 до 24 ч). На основе

ранних исследований был взят 20% раствор.



Рис. 5. Зависимость зольности от массового соотношения КОН/карбонизат

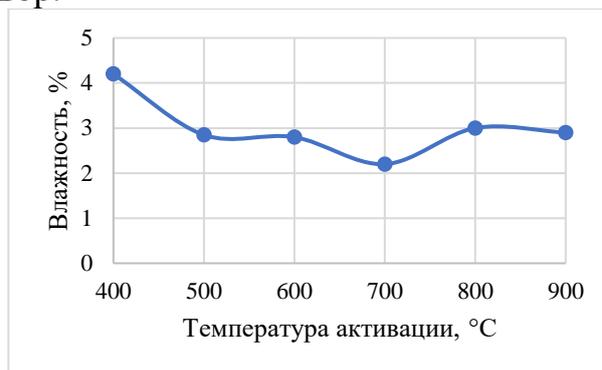


Рис. 6. Изменение влажности при термической обработке жмыха.

В процессе исследования воздействия раствора КОН на карбонизат, полученный при температуре 500°C (КС-500), было выявлено заметное изменение в содержании золы в зависимости от соотношения массы раствора КОН к карбонизату. Первоначальное значительное снижение содержания золы с 17,9 до 4,35% связано с выщелачиванием минеральных компонентов карбонизата раствором КОН, что указывает на его высокую эффективность в качестве экстрагирующего агента.

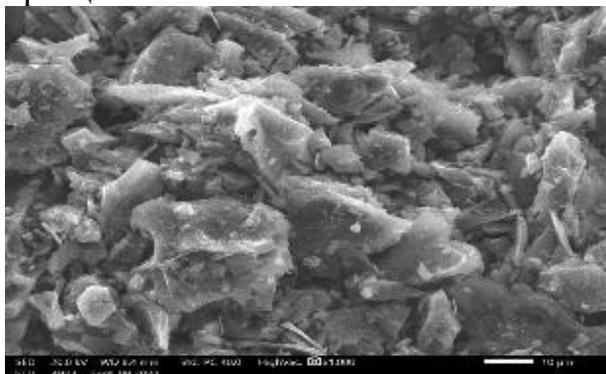
Однако последующее незначительное увеличение содержания золы при соотношении 7 массы раствора КОН к карбонизату до 4,57% может быть обусловлено несколькими факторами. Возможно, при более высокой концентрации КОН начинается вторичное осаждение растворимых минеральных компонентов, которые ранее были экстрагированы. Это может происходить в результате изменения растворимости некоторых минеральных веществ в более концентрированных щелочных растворах или из-за насыщения раствора растворенными компонентами, что приводит к их частичной рекристаллизации и увеличению зольности. Вероятно, что также сказывается на пористой структуре полученных материалов при таких условиях.

Таким образом, результаты показывают, что оптимальное соотношение массы раствора КОН к карбонизату для минимизации содержания золы лежит в диапазоне от 1 до 5, после чего эффективность выщелачивания минеральных компонентов снижается, что приводит к увеличению зольности, при этом выход всегда ниже при повышении расхода растворов КОН (при соотношении КОН:карбонизат=1:1 (АК1-800) выход составляет 22,9%, а при 1:3; 5 и 7 (АК3-800; АК5-800 и АК7-800, соответственно) составляют 22,2; 21,8 и 21,3%). Это подчеркивает необходимость контроля концентрации КОН в процессе очистки карбонизата для достижения оптимальных результатов.

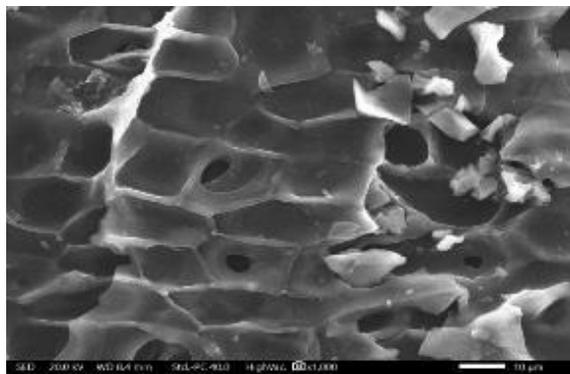
Начиная с 400 до 700°C, наблюдается тенденция к уменьшению влажности, что может указывать на усиление процессов дегидратации и разложения органических компонентов, приводящих к потере влаги. Самый низкий показатель влажности был зафиксирован при температуре 700°C, что может свидетельствовать о максимальном удалении воды из образца в данных условиях.

Изображение СЭМ исходного карбонизата КС-500, показывает

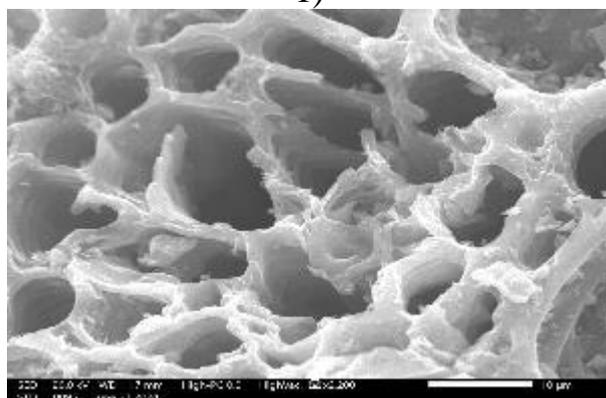
нерегулярные, изломанные частицы с различными размерами и формами. Есть четкие края и относительно гладкие поверхности, а также видимая пористость. Наибольший измеренный размер на изображении составляет 35,36 мкм, что указывает на наличие относительно крупных частиц по сравнению с другими образцами.



1)



2)



3)

Рис. 7. Микроскопические снимки образцов 1) КС-500; 2) АК5; 3) АК5-800.

Образец АК5-800 показывает высокопористую структуру с более развитой площадью поверхности, что характерно для активированных углей. Поры представляют собой различные размеры и формы, что свидетельствует о гетерогенном распределении пор.

Изображение АК5-800 указывает на дальнейшее развитие пористой структуры с еще более крупными и выраженными порами. Термическая активация, вероятно, усилила пористость и могла удалить дополнительные летучие вещества, приводя к более чистой и открытой структуре пор.

Частицы КС500 представляют собой крупные агломераты с относительно гладкими поверхностями и меньшим количеством пор. Наибольший измеренный размер частицы составляет 35,36 мкм. Из изображения АК5 можно увидеть, что частицы имеют заметно более развитую пористую структуру. Наибольший измеренный размер поры составляет 22,15 мкм. На микроснимках АК5-800 видно, что поры достигают размеров до 10,76 мкм, что меньше, но поры кажутся более открытыми и равномерно распределенными.

Было изучено, как термообработка и химическая обработка с раствором КОН изменяют текстурные параметры углей, созданных из жмыха корня солодки.

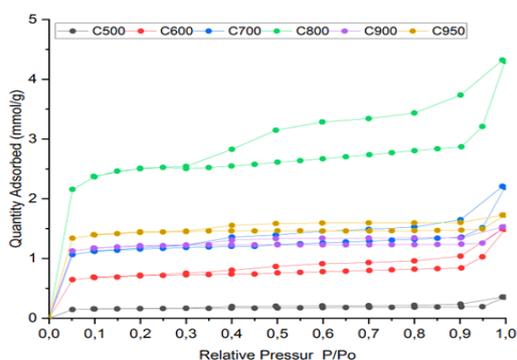


Рис. 8. Изотермы адсорбции/десорбции азота на карбонизатах. Полученных при различных температурах: 1) КС500; 2) КС600; 3) КС700; 4) КС800; 5) КС900; 6) КС950.

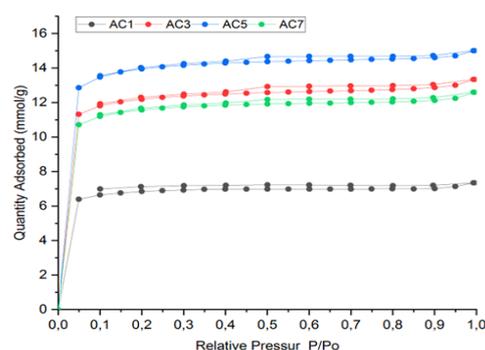


Рис. 9. Изотермы адсорбции и десорбции азота на активированных образцах: 1) АК1-800; 2) АК3-800; 3) АК5-800; 4) АК7-800.

Продолжительность и температура процесса карбонизации влияет на пористую структуру материалов. На рис. 8 и 9 иллюстрированы изотермы адсорбции азота на карбонизатах и химически активированных углях. Полученных при различных температурах.

Изотермы адсорбции/десорбции азота для карбонизатов на основе жмыха корня солодки являются гибридами типа I (в диапазоне низких относительных давлений; резкое увеличение адсорбции при $P/P_0 < 0.05$ является характерным для микропористых твердых веществ) и типа IV.

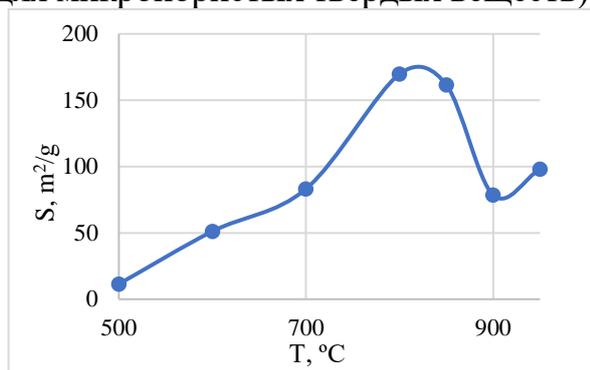


Рис.10. Изменение удельной поверхности при термической обработке жмыха корня солодки в течение 2 ч.

Из рис. 10 видно, что с увеличением температуры от 500 до приблизительно 700°C удельная поверхность массы плавно увеличивается. Это может быть связано с выжиганием органических компонентов, что приводит к формированию пор и увеличению пористости материала.

В области температур 800-850°C удельная поверхность достигает максимума, что указывает на оптимальные условия для развития пористой структуры жмыха. Максимальная удельная поверхность на этом этапе составляет около 169,8 м²/г.

Дальнейшее повышение температуры более 850°C приводит к снижению удельной поверхности массы. Это может быть обусловлено структурными изменениями, такими как слияние или коллапс пор, что приводит к уменьшению общей пористости.

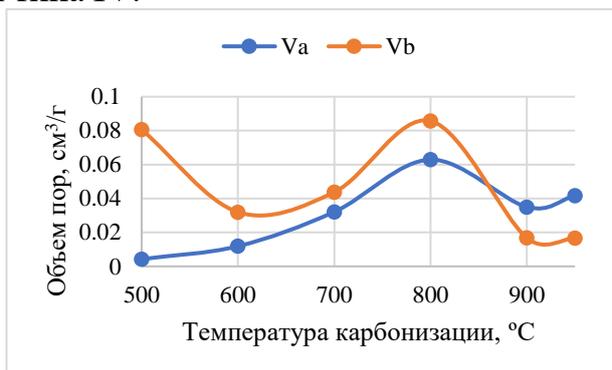


Рис. 11. Изменение объема пор в зависимости от температуры карбонизации.

Было наблюдеено резкое снижение площади поверхности (с 169,8 до 77,5 м²/г) и общего объема адсорбции (с 62 до 30 см³/г), это связано с высокой температурой (900°С), которая приводит к разрушению внешней поверхности, что влечет за собой общую потерю площади поверхности. Затем при температуре около 950°С происходит вторичный рост удельной поверхности, который является результатом дальнейшего разложения оставшихся углеродных компонентов и формирования новых пористых структур. Этот вторичный рост может быть также связан с активацией определенных типов пор, которые были недоступны при более низких температурах из-за засорения или блокировки другими веществами.

Как можно увидеть из рис. 11 при увеличении температуры карбонизации с 500 до 800°С объем микропор (V_a) возрастает, что указывает на улучшение развития микропористой структуры с повышением температуры. Самый большой объем микропор наблюдается при 800°С, что может быть оптимальной температурой для формирования микропористой структуры в данном материале. Однако при дальнейшем увеличении температуры до 900 и 950°С происходит снижение V_a , что указывает на разрушение микропористой структуры или слияние микропор в более крупные поры.

При температуре 500°С мезопоры занимают наибольший объем. Это может быть связано с начальным этапом формирования пористой структуры, когда большинство пор ещё не достигло микропористых размеров. При температуре 600°С объем мезопор снижается, что указывает на начало процесса уменьшения размеров пор и формирования микропористой структуры. При дальнейшем увеличении температуры до 800°С объем мезопор снова увеличивается, достигая максимума на данном интервале, что свидетельствует о формировании оптимальной мезопористой структуры.

При 900 и 950°С происходит резкое снижение объема мезопор и пористости системы в целом, что может быть связано с уменьшением пор вследствие слияния или разрушения структуры.

Снижение объемов как микро-, так и мезопор при температурах 900 и 950°С указывает на то, что более высокие температуры могут быть нежелательными, если целью является сохранение пористой структуры материала.

АК5-800 и АК3-800 показывают более высокую адсорбционную способность, чем АК1-800 и АК7-800, поскольку кривые для АК5-800 и АК3-800 находятся выше, что указывает на большее количество адсорбированного вещества при тех же относительных давлениях. Все образцы достигают насыщения (плато) при относительно низком относительном давлении, что может свидетельствовать о высокой адсорбционной активности и возможно о наличии большого количества микропор.

Таким образом, изотермы показывают, что увеличение количества активирующего агента (КОН) приводит к увеличению адсорбционной способности активированных углей. Это согласуется с текстурными характеристиками, представленными в таблице, где более высокие соотношения карбонизата к КОН способствовали большей удельной поверхности и объему пор.

На основе изотермы были рассчитаны значения текстурных характеристик образцов углей, которые приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Текстурные характеристики образцов

Образец	$S_{уд},$ $м^2/г^*$	$S_{уд},$ $м^2/г^{**}$	t-Plot, $м^2/г$	$V, см^3/г$	t-Plot (объем микропор), $V_a, см^3/г$	$R, \text{Å}$	Средняя ширина пор, Å	Средний гидравличе ский радиус пор, Å
AK1-800	447,4	698,9	359,96	0,2473	0,1986	22,107	134,108	6,715
AK3-800	799,6	1283,2	632,78	0,4504	0,3488	22,530	75,031	6,708
AK5-800	917,6	1451,2	714,35	0,5097	0,3936	22,215	65,381	6,709
AK7-800	837,7	1333,0	652,51	0,4686	0,3608	22,372	71,618	6,715

Удельная поверхность увеличивается от АК1-800 к АК5-800, что может быть связано с увеличением количества активирующего агента (КОН). Это увеличение поверхности способствует более высокой адсорбционной емкости, что подтверждается изотермами адсорбции. Тем не менее, АК7-800 имеет несколько меньшую удельную поверхность, чем АК5-800, что может указывать на определенный предел, после которого дополнительное увеличение КОН не ведет к дальнейшему росту удельной поверхности из-за перезерозии или закупоривания пор. Объем микро (V_a) и мезопор (V_b) также увеличивается при повышении расхода раствора КОН.

Размер пор остается относительно постоянным среди всех образцов, что может свидетельствовать о том, что изменение концентрации КОН влияет больше на количество пор, чем на их размер. Также Average pore hydraulic radius остается относительно стабильным и не показывает четкой зависимости от концентрации КОН.

Median pore width уменьшается от АК1-800 к АК5-800, что может быть результатом более интенсивного разрушения частиц угля при более высоких концентрациях КОН. Однако для АК7-800 размер частиц увеличивается по сравнению с АК5-800, что указывает на изменение механизма активации или агломерацию частиц.

В четвертой главе «Адсорбционные характеристики активированных углей на основе жмыха корня солодки. Анализ способности углей при очистке светлых масел» рассматриваются адсорбционные характеристики активированных углей на основе жмыха корня солодки.

Изотермы адсорбции паров органических адсорбатов при температуре 20°C снимались весовым методом. На рис. 12 приводятся изотермы адсорбции паров бензола на активированных углях.

С увеличением температуры активации от КС-500 до КС-950 адсорбционная способность углей значительно возрастает. Угли, обработанные при более высоких температурах (КС-700, КС-800, КС-950), демонстрируют более высокие значения адсорбции по сравнению с углями, активированными при более низких температурах (КС-500, КС-600).

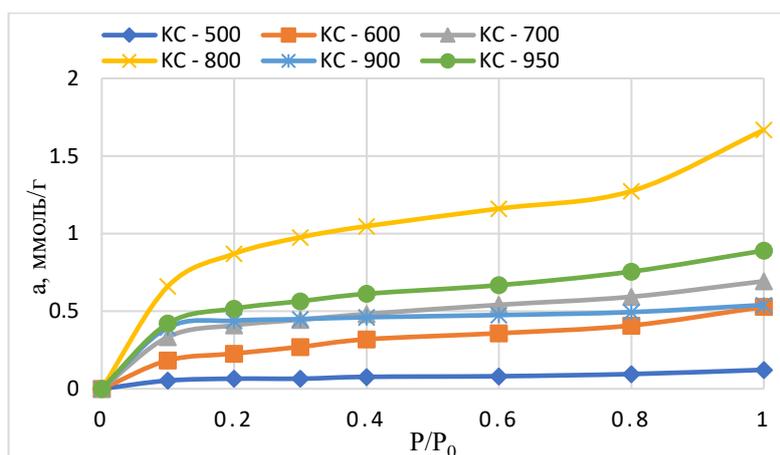


Рис. 12. Изотермы адсорбции паров бензола на термоактивированных углях.

Все изотермы демонстрируют нелинейное увеличение адсорбции с ростом относительного давления, что характерно для физической адсорбции. Наличие пологого участка на кривых для KC-800 и KC-950 может указывать на большую доступность микропор и мезопор в этих образцах по сравнению с другими.

Таблица 3.

Адсорбционные характеристики углей по отношению к бензолу

Образец	A_0 , ммоль/г	S , м ² /г	V_a , см ³ /г	V_b , см ³ /г	R , Å
KC-500	0,122	11,26	0,008	0,011	19,2
KC-600	0,528	45,28	0,036	0,047	20,7
KC-700	0,693	72,48	0,051	0,061	16,9
KC-800	1,668	156,92	0,115	0,148	16,6
KC-900	0,540	71,97	0,045	0,048	13,3
KC-950	0,890	91,94	0,065	0,079	17,2
AK1-800	2,813	677,36	0,360	0,050	12,0
AK3-800	3,226	776,90	0,419	0,050	12,0
AK5-800	3,743	901,20	0,473	0,080	12,2
AK7-800	3,293	793,02	0,418	0,070	12,2

Образцы с более высокой концентрацией KOH (AK5-800 и AK7-800) демонстрируют лучшие адсорбционные характеристики по сравнению с AK1-800 и AK3-800. Это может быть связано с более глубокой пористой структурой, созданной за счет более агрессивной активации.

Увеличение адсорбционной емкости наблюдается с ростом температуры карбонизации от KC500 до KC900, что свидетельствует о том, что более высокая температура способствует формированию структур, более эффективных для адсорбции бензола.

Активированные угли (AK1-800, AK3-800, AK5-800, AK7-800), полученные с использованием раствора KOH и дополнительной термоактивации при 800°C, показывают значительно более высокую адсорбционную емкость по сравнению с неактивированными углями, что указывает на эффективность химической активации для улучшения адсорбционных свойств. Размеры пор сравнительно стабильны для активированных углей, колеблясь в пределах 12-12,2 Å, что указывает на формирование uniformных пористых структур в результате химической активации.

Таблица 4.

Адсорбционные характеристики углей по отношению к парам воды

Образец	A_0 , ммоль/г	S , м ² /г	V_a , см ³ /г	V_b , см ³ /г	R , Å
КС-500	1,525	99,12	0,076	0,115	23,2
КС-600	1,412	91,78	0,070	0,104	22,8
КС-700	1,680	109,24	0,097	0,148	27,2
КС-800	0,977	63,49	0,077	0,133	41,9
КС-900	0,881	57,28	0,085	0,191	66,9
АК1-800	0,478	31,05	0,046	0,128	82,5
АК3-800	0,408	26,54	0,049	0,129	97,4
АК5-800	0,593	38,54	0,065	0,137	71,2

При повышении температуры обработки углей КС-700 показывает более высокие значения V_a и V_b , что предполагает увеличение пористости. Увеличение радиуса пор с ростом температуры обработки указывает на увеличение размеров пор и потенциальное уменьшение их эффективности для адсорбции молекул меньшего размера.

Угли, химически активированные с КОН и термообработанные при 800°C, демонстрируют снижение удельной поверхности и объема пор по сравнению с термообработанными углями (КС-700, КС-800). Это указывает на значительное воздействие химической активации на структуру пор. АК5-800 имеет наибольший объем микропор и мезопор среди химически активированных углей, что может указывать на его потенциально лучшие адсорбционные свойства для определенных приложений.

Цветность соевого масла в ходе экспериментов определялась согласно стандарту ГОСТ 5477-93. Эксперименты проводились при комнатной температуре, при этом расход адсорбента составлял 2% от массы масла. Исходное кислотное число масла составляет 10,09 мг/100 г, что может указывать на некоторую степень окисления или присутствие свободных жирных кислот. После использования адсорбента АК3-800 кислотное число уменьшается до 4,48 мг/100 г, что свидетельствует о существенном снижении количества свободных жирных кислот или продуктов окисления.

Адсорбенты АК5-800 и АК7-800 также снижают кислотное число до 5,61 и 5,83 мг/100 г соответственно, но не так эффективно, как АК3-800.

Таблица 5.

Изменение цветности соевого масла до и после адсорбционной очистки

Адсорбенты	красный	желтый	синий	нейтральный
-	1,8	6,9	1,2	0
АК3-800	1,0	5,4	0	0
АК5-800	1,0	5,2	0	0
АК7-800	1,0	5,5	0	0

Анализ табл. 5, отображающей изменение цветности соевого масла до и после адсорбционной очистки с использованием различных адсорбентов (АК3-800, АК5-800, АК7-800). Исходная цветность соевого масла (без адсорбентов): красный компонент цветности составляет 1,8, желтый – 6,9, синий – 1,2, а нейтральный компонент отсутствует (0).

При использовании адсорбента АК3-800 цветность масла меняется: красный компонент уменьшается до 1,0, желтый – до 5,4, синий компонент и нейтральный отсутствуют (0). Аналогичные результаты наблюдаются при

использовании АК5-800, где красный компонент составляет 1,0, желтый – 5,2, синий и нейтральный отсутствуют. При использовании АК7-800 красный компонент также уменьшается до 1,0, желтый – до 5,5, синий и нейтральный компоненты отсутствуют.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В ходе исследования установлено, что жмых корня солодки обладает значительным потенциалом как сырье для производства угольных адсорбентов. Жмых содержит 8-12% влаги, что указывает на его готовность к применению в процессах пиролиза или химической активации без дополнительной подготовки. Умеренный уровень зольности (3-5%) и высокое содержание летучих веществ (67-73%) подчеркивают богатство органических компонентов, способствующих образованию пористой структуры при термической обработке.

2. Определено, что термическая обработка жмыха корня солодки значительно влияет на его структуру и химический состав, и при увеличении температуры от 400 до 950°C происходит постепенное углубление разложения органических компонентов, что подтверждается увеличением зольности и снижением доли углерода с сохранением летучих веществ в угле. При температуре 1000°C зольность угля достигает 21,8%, что указывает на интенсивное образование минерального остатка и потерю органических материалов.

3. Определено, что химическая активация с 20% раствором КОН при температуре до 120°C и времени активации от 0,5 до 24 часов приводит к заметному увеличению пористости и эффективности адсорбции. Содержание золы после химической активации снизилось от 17,9 до 4,35%, что подтверждает высокую эффективность КОН как модифицирующего агента.

4. Выявлено на основе рентгенофазового анализа, что химическая активация с КОН приводит к уменьшению характерных пиков аморфного углерода и увеличению пиков, указывающих на наличие графитоподобных структур. При соотношении 1:5 массы 20% раствора КОН к карбонизату наблюдается минимальное содержание золы в 4,35%, что свидетельствует о высокой эффективности процесса.

5. Установлено, что наблюдается плавное увеличение удельной поверхности при термической обработке от 500 до 700°C, что объясняется выжиганием органических компонентов и формированием пор. Максимальная удельная поверхность достигается при 800-850°C, составляя около 169,8 м²/г, что свидетельствует о наиболее эффективном развитии пористой структуры. При температуре выше 850°C происходит снижение удельной поверхности до 77.5 м²/г из-за структурных изменений.

6. Определено, что активированные угли на основе жмыха корня солодки демонстрируют высокую эффективность в очистке соевого масла и дистиллированного глицерина. Для глицерина, использование углей позволило снизить цветное число с 10 до 0 мг J₂/100 см³ и массовую долю золы с 0,25 до 0,03%, что соответствует качеству лучших образцов глицерина по стандарту. Эти результаты подтверждают высокий потенциал применения разработанных адсорбентов для повышения качества продуктов в пищевой и химической промышленности.

**SCIENTIFIC COUNCIL ON AWARDING OF SCIENTIFIC DEGREES
DSc.02.30.12.2019.K/T.35.01 AT INSTITUTE OF GENERAL AND
INORGANIC CHEMISTRY**

INSTITUTE OF GENERAL AND INORGANIC CHEMISTRY

XOSHIMOV SHAXROM

**THE EFFECT OF ACTIVATION WITH POTASSIUM HYDROXIDE ON
THE STRUCTURE AND ADSORPTION PROPERTIES OF CARBON
MATERIALS BASED ON LICORICE ROOT WASTE**

02.00.11 – Colloid and membrane chemistry

**DISSERTATION ABSTRACT OF THE DOCTOR OF PHILOSOPHY(PhD)
ON CHEMICAL SCIENCES**

Tashkent – 2024

The dissertation subject of Doctor of philosophy (PhD) in Chemical Sciences is registered by the Supreme Attestation Commission at the Ministry of Higher Education, Science and Innovation of the Republic of Uzbekistan with registration numbers B2024.1.PhD/K739.

Dissertation work completed at the Institute of general and inorganic chemistry.

Abstract of the thesis in three languages (Uzbek, Russian and English (resume)) posted on the web site of «ZiyoNet» to the address www.ziyo.net.uz.

Academic Supervisor:

Eshmetov Izzat Dusimbatovich
doctor of technical sciences, professor

Official opponents:

Yakubov Yoldosh Yusupboyevich
doctor of chemical sciences, professor

Ismailov Rovshan Israilovich
doctor of chemical sciences, professor

Leading organization:

Tashkent Institute of Chemical Technology

The defense will take place «27» August 2024 at 10⁰⁰ o'clock at the meeting of the scientific Council No.DSc.02/30.12.2019.K/T.35.01 at General and Inorganic Chemistry Institute (Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek district, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel.: (+99 871) 262-56-60, fax: (+99 871) 262-79-90, e-mail: ionx@academy.uz).

The dissertation can be reviewed at the Information Resource Centre of the General and Inorganic Chemistry, (is registered under № 18). Address: 100170, Tashkent city, Mirzo Ulug'bek street, 77-a. Tel./fax: (+99871) 262-56-60, (+99871) 262-79-90).

Abstract of dissertation sent out on «12» august 2024 y.
(mailing report №18 from «12» august 2024 y.)



B.S. Zakirov
Chairman of the scientific
Council awarding scientific degrees,
doctor of chemical sciences, professor

D.S. Salikhanova
Scientific secretary of the scientific
Council awarding scientific degrees,
doctor of technical sciences, professor

B.Z. Adizov
Deputy Chairman of the Scientific Seminar at the
Scientific Council on the award of a scientific degree,
doctor of technical sciences, professor

INTRODUCTION (abstract of PhD dissertation)

The aim of the research work: is to determine the effect of activation with potassium hydroxide on the structure and adsorption properties of carbon materials derived from licorice waste.

The object of the research work: licorice root waste and samples of chemically and thermally activated carbons derived from it.

The scientific novelty of the dissertation research consists is as follows:

it has been established that increasing the temperature of coal thermal treatment leads to an increase in its adsorption capacity for benzene, with a maximum capacity of 1.668 mmol/g achieved at 800°C treatment. Meanwhile, chemical activation of coals with KOH solution enhances their adsorption activity for iodine from 80.645 mg/g for non-activated coal to 1117.6 mg/g for chemically activated samples;

it has been established that there is a gradual increase in specific surface area with rising temperature, reaching a maximum specific surface area at 800-850°C (169.8 m²/g). Further temperature increases lead to a decline to 77.5 m²/g, which is associated with structural changes such as pore merging or collapse;

it has been determined that with a KOH to carbonized mass ratio of 1:1 (AC1-800) and 1:5 (AC5-800), the specific surface area increases from 698.93 to 1451.16 m²/g, and the total pore volume from 0.2543 to 0.5167 cm³/g. Further increase in the carbonized mass to KOH ratio (AC7-800) results in a decrease in these indicators, indicating partial pore clogging and reduced adsorption efficiency;

the high effectiveness of KOH as a modifying agent in the chemical activation of carbonized material with its 20% solution at temperatures up to 120°C and for up to 24 hours has been revealed, leading to a significant increase in porosity and adsorption efficiency, associated with increased porosity and a reduction in ash content from 17.9% to 4.35%;

X-ray phase analysis has shown that chemical activation with KOH reduces characteristic peaks for amorphous carbon and increases peaks indicating the presence of graphite-like structures. At a 1:5 ratio of the 20% KOH solution to carbonized mass, minimal ash content and the highest carbon content values are observed.

Implementation of research results. Based on the results of obtaining porous materials from licorice root waste and determining their colloid-chemical properties:

the method of adsorptive purification of soybean oil from free fatty acids and coloring substances using carbonaceous adsorbents obtained by thermal and chemical activation of licorice root waste has been included in the “List of Promising Developments for Implementation in 2026-2030” at “Namanqan Tola Tekstil” LLC (Reference from the Association of Oil and Fat Industry of the Republic of Uzbekistan KC/3-62 dated March 6, 2024). As a result, the acid value in the fat was reduced to 10.09-5.83 mg KOH/g, with the possibility of reducing the red and blue units from 1.8 to 1.0 and from 1.2 to 0.0, respectively.

the method of adsorptive purification of glycerin using the carbon adsorbent AK5-800 has been included in the “List of Promising Developments for Implementation in 2026-2030” at “Urganch Yog‘-Moy” LLC (Reference from the

Association of Oil and Fat Industry of the Republic of Uzbekistan KC/3-62 dated March 6, 2024). As a result, the carbon adsorbent AC5-800 can replace imported coal-based adsorbents by reducing the color and ash content of glycerin.

The structure and scope of the thesis. The dissertation consists of an introduction, four chapters, a conclusion, a bibliography and an appendix. The volume of the thesis is 114 pages.

E'LON QILINGAN ISHLAR RO'YXATI
СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ
LIST OF PUBLISHED WORKS

I bo'lim (I часть; part I)

1. Hazratov Musaylam, Yuldashov Jo'rabek, Xoshimov Shaxrom. "Study of the Activation Process of TiCarbon-Containing Minerals Based on Rice Husk". International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 8, Issue 4, April 2021. P. 17152-17155. (05.00.00. №8).
2. Hoshimov Shahrom, Abdikamalova Aziza, Eshmetov Izzat, Dauletova Jamila. "Study of Physical Chemical Properties of Activated Coal on the Basis of Red Roots". International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 8, Issue 5, May 2021. P. 17461-17466. (05.00.00. №8).
3. Sh. M. Khoshimov, J. B. Yuldashov, R. Kh. Sobirova, A. B. Abdikamalova, D. I. Eshmetov. Practical application of coal-based adsorbents. Scientific and technical journal of NamIET. Vol 6 – Issue (3) 2021. P. 111-118. (05.00.00. №33).
4. Юлдашов Ж. Б., Хошимов Ш. М., Очилов Г. М., Абдикамалова А. Б., Эшметов И. Д. Исследование влияния условий активации угля на адсорбцию паров бензола. Universum: технические науки: научный журнал. – № 2(95). Часть 6. М., Изд. «МЦНО», 2022. – 72 с. – Электрон. версия печ. публ. – <http://7universum.com/ru/tech/archive/category/295> (02.00.00. №1).
5. Asqarova D. A., Abdikamalova A. B., Yuldashov J B., Khoshimov Sh. M., Analysis of Methods for Activating Carbon-Containing Materials to Obtain Carbon Adsorbents. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology Vol. 9, Issue 1, January 2022. P. 18852-18857. (05.00.00. №8).
6. Yuldashev J. B., Xoshimov SH. M., Mexmonxonov M. M., Ergashev O. K., Eshmetov I. D. Investigation of thermal and steam activation of coal materials. Science and Education in Karakalpakstan. 2022 №3/1. P. 4-7. (02.00.00. №16).
7. Payg'amov R. A., Xoshimov Sh. M., Ochilov G'. M, Raxmonaliyeva N. N., Eshmetov I. D. Daraxt chiqindisi asosida olingan ko'mirlarda benzolga nisbatan adsorbsion faolligi o'zgarishini o'rganish. FarDU. Ilmiy xabarlar. 2023/№4. 45-51 b. (02.00.00. №17).
8. Salihanova D. S., Abdikamalova A. B., Agzamova F. N., Khoshimov Sh. M., Sagdullaeva D. S., Ismailova M. A., Savrieva D. D., Mamadjanova M. A. Comparative Analysis of Soybean Oil Bleaching with Carbon Adsorbents., International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 11, Issue 1, January 2024., P: 21409-21414. (05.00.00. №8).

II bo‘lim (II часть; part II)

9. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Abdikamalova A. B., Eshmetov I. D. Qizilmiya ildiz poyasini faollantirishning xaroratga bog‘liqligi. “Qoraqalpog‘iston Respublikasida kimyo va kimyoviy texnologiya sohalari rivojining dolzarb masalalari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami. Nukus, 2021-yil 24-mart, 247-248 b.

10. Xoshimov Sh. M., Boymatov I. M., Raxmonov O. B. Uglerod saqlovchi sanoat chiqindilarini termik faollash jarayonlarini o‘rganish. “Kimyoning dolzarb muammolari” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani Toshkent, 2021-yil 4-5 fevral, 444-bet.

11. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Abdikamalova A. B., Eshmetov I. D. Faollantirilgan qizilmiya ildizpoyasi ko‘mirida benzol va suv bug‘u adsorbsiyasi. “Maxalliy xomashyolar va ikkilamchi reserslar asosidagi innovatsion texnologiyalar” mavzusidagi Respublika ilmiy-texnik anjuman. Urganch, 2021-yil 19-20 aprel, 218-219 b.

12. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Obidov I. S., Abdikamalova A. B., Eshmetov I. D. Qizilmiya ildizpoyasining termik analizi. Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент, 12-14 мая 2022 года. С. 678-680.

13. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Obidov I. S. Qizilmiya ildizpoyasidan olingan ko‘mir adsorbentlarning IQ-spektroskopik tahlili”. “Kompleks birikmalar kimyosi va analitik kimyo fanlarining dolzarb muammolari” Termiz, 2022-yil 19-21 may, 165-167 b.

14. Yuldashov J. B., Xoshimov.Sh. M., Abdumalikov A. A. Sholi qovuzidan olinadigan mahsulotlar va ularning qo‘llanilish sohalari. Сборник материалов Республиканской научно-практической конференции. Институт общей и неорганической химии АН РУз. Ташкент, 12-14 мая 2022 года. С. 692-694.

15. Ж. Б. Юлдашов., М. К. Пахирдинова., И. Д. Эшметов., Й. Ю. Якубов., Ш. М. Хошимов. Текстурные характеристики диоксида кремния по методу низкотемпературной адсорбции азота // «Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences» <https://doi.org/10.5281/zenodo.7333098>. November 18, 2022. Pp. 202-204.

16. Xoshimov Sh. M., Yuldashov J. B., Abdikamalova A. B., Eshmetov I. D. Qizilmiya ildizpoyasining DTG va IQ spektroskopik tahlili. “Kimyo va kimyo ta‘limi muammolari”, Qo‘qon, 2022-yil 20-sentabr, 317-320 b.

17. Xoshimov Sh. M., Payg‘amov R.A., Yuldashov J. B., Abdikamalova A. B., Eshmetov I D. Faollantirilgan qizilmiya ildizpoyasi ko‘mirining kimyoviy tarkibi va uning taxlili. Материалы Международной научно-технической конференции «Актуальные проблемы создания и использования высоких

технологий переработки минерально-сырьевых ресурсов Узбекистана», Ташкент, 16-17 ноября 2023 года. С. 329-330.

18. Xoshimov Sh. M., Payg‘amov R. A., Raxmonaliyeva N. N., Ochilov G‘. M., Mehmonxonov M. M. O‘simlik chiqindilari asosida turli xaroratlarda faollantirib olingan ko‘mir adsorbentlarining benzol bug‘i adsorbsiyasi. Республиканской научно-практической конференции материалы «Эффективность использования местных минералов при восстановлении деградированных почв» Нукус, 6-марта 2023 года. С. 298-301.

19. Payg‘amov R. A., Xoshimov Sh. M., Ochilov G‘. M., Mehmonxonov M. M. Daraxt poyalari chiqindilari asosida olingan uglerodli adsorbentlarning fizik-kimyoviy va adsorbsion xossalari. Республиканской научно-практической конференции материалы «Эффективность использования местных минералов при восстановлении деградированных почв» Нукус, 6-марта 2023 года. С. 234-238.

20. Xoshimov Sh. M., Raxmonaliyeva N. N., Eshmetov I. D., Ochilov G‘. M. Termokimyoviy faollashtirilgan adsorbentlarda suv bug‘i adsorbsiyasi. “Nodir va noyob metallar kimyosi va texnologiyasi: bugungi holati, muammolari va istiqbollari” Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari to‘plami. Termiz, 2023-yil 28-29 aprel, 312-313 b.

21. Shahrom Khoshimov, Nilufar Raxmonaliyeva, Dilzoda Askarova, Oksana Seytnazarova, Aziza Abdikamalova. Changes in the porous structure of carbonizate of carbon containing raw under alkaline activation. AIP Conf. Proc. 11 March 2024; 3045 (1): 030059. <https://doi.org/10.1063/5.0197789>

22. N. N. Raxmonaliyeva, Sh. M. Xoshimov, N. K. Maratov, I. D. Eshmetov., O‘simlik chiqindilaridan faollantirilgan ko‘mir olishning o‘ziga xos usullari va ularning taxlili., “Fizikaviy va kolloid kimyo fanlarining fundamental va amaliy muammolari hamda ularning innovatsion yechimlari” Xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. Namangan, 2024-yil 9-10 fevral, 547-549 b.

Автореферат «Ўзбекистон кимёси» журнали таҳририятида таҳрирдан ўтказилиб, ўзбек, рус ва инглиз тилларидаги матнлар ўзаро мувофиқлаштирилди.

Босмахона лицензияси:



9338

Бичими: 84x60 ¹/₁₆. «Times New Roman» гарнитураси.
Рақамли босма усулда босилди.
Шартли босма табағи: 3,5. Адади 100 дона. Буюртма № 33/24.

Гувоҳнома № 851684.
«Тірографф» МЧЖ босмахонасида чоп этилган.
Босмахона манзили: 100011, Тошкент ш., Беруний кўчаси, 83-уй.